

31 (2004) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst

Ch. Täsch, T. Wik, J. Angster, A. Miklos

Einschwingvorgang-Analyse von Lippenorgelpfeifen mit unterschiedlicher Aufschnitthöhe*

Einleitung

Der Einschwingvorgang ist sehr wichtig für die Wahrnehmung des Klangcharakters der Pfeifenklänge [1]. Die Analyse dieses frühen Teils des Klangsignals ist für das Verstehen der komplizierten physikalischen Prozesse am Einschwingvorgang des Pfeifentones, die durch die Kopplungsphänomene des oszillierenden und resonierenden Systems festgelegt werden, erforderlich. Die Eigenschaften des Einschwingvorgangs können im Intoniervorgang, der noch nicht vollständig wissenschaftlich erklärt ist, sensibel verändert werden. Eine Experimentalpfeife mit variabler Aufschnitthöhe wurde mit konstantem Luftdruck in einer Windlade im reflexionsarmen Raum betrieben und digital aufgezeichnet. Auf diese Weise wurden eine Reihe von Tönen mit verschiedenen Einschwingvorgängen erzeugt und der Einfluss der Aufschnitthöhe, einem wichtigen Intonationsparameter, studiert.

Analyse-Methode, Pitch-synchrones Spektrogramm

Die Analyse basiert auf der Fourier-Transformation. Zeitverschobene, sich überlappende Fenster wurden auf das Signal angewandt und eine FFT auf jedes dieser Fenster berechnet. Dies liefert die Zeit-Frequenz-Darstellung, das Spektrogramm (Bild 1) des Signals [2]. Die Natur der Methode beinhaltet, einen Kompromiss zwischen Frequenz- und Zeitauflösung zu finden. Einige Änderungen der Parameter FFT-Länge, overlap und Fensterart müssen durchgeführt werden, um einen guten Gesamteindruck des Klanges zu erhalten. Um die spektrale Lokalisierbarkeit der harmonischen Teiltöne, die immer ganzzahlige Vielfache des Grundtons sind, zu erhöhen, wurde die Abtastrate der Signale durch einen resampling-Schritt zur Grundfrequenz synchronisiert. Auf diese Weise detektieren die Frequenzlinien der FFT genau die harmonischen Teiltöne und bieten ein gutes Abbild für die harmonischen und nicht harmonischen Frequenzen in der Einschwingphase.

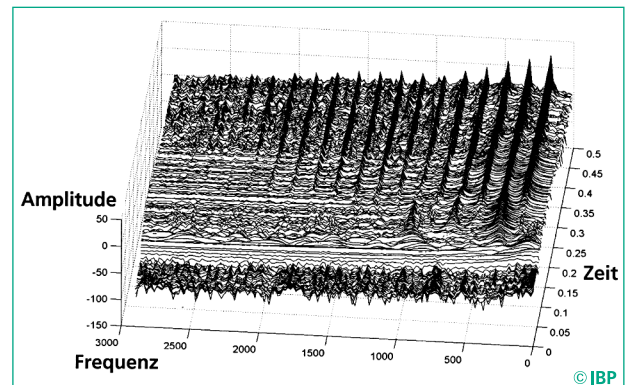


Bild 1: Spektrogramm des Einschwingstadiums (FFT-Länge 512, Overlap 97 %, Rechteckfenster).

Frequenz-Tracking

In der gegebenen Methode ist die separate Analyse von Amplituden- und Frequenzmodulationen der Teiltöne wegen der niedrigen Frequenzaufösung nicht möglich. Hierfür wurde ein weiteres Verfahren entwickelt, das auf dem Vergleich der 3 Frequenzlinien der Hauptkeule des angewandten Hanning-Fensters basiert, wobei auf jedes Fenster eine Neueinstellung der Abtastrate erfolgt. Auf diese Weise kann jeder ausgesuchte Teilton frequenzmäßig genau verfolgt werden, was im Einschwingvorgang sowie im Stationärklang interessant ist (Bild 2).

Mundtöne

Die Messung der sogenannten Mundtöne, der Klänge die nur durch das oszillierende System erzeugt werden [2], wurde durchgeführt, indem man die Pfeife mit absorbierendem Material gefüllt hat, damit sich keine stehenden Wellen aufbauen konnten und folglich der Effekt des Resonators ausgeschaltet wurde. Das stationäre Spektrum des Mundtones der Experimentalpfeife mit einer Aufschnitthöhe von 16.1 mm wird in Bild 3 gezeigt. Die auftretenden Maxima indizie-

* Vortrag „Attack transient analysis of flue organ pipes with different cut-up height“, CFA/DAGA 04, Strasbourg, März 2004, Abstr. p. 344

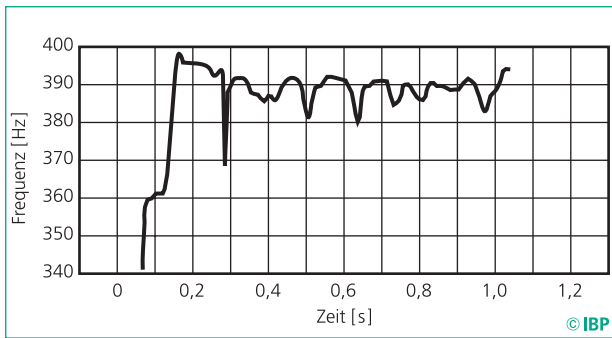


Bild 2: Frequenz-Tracking der 2. Harmonischen (Aufschnitt 16.1 mm) im Einschwingvorgang und im Stationärklang.

ren Mundtonmoden. In den 6 untersuchten Pfeifen lag ihre Zahl bei 3 bis 4, ihre Amplituden und Q-Faktoren veränderten sich in einem weitem Bereich. Die erste Mode hat immer die größte Amplitude und den größten Q-Faktor.

Ergebnisse

Es kann gezeigt werden, dass die Mundtonmoden das sehr frühe Einschwingstadium des Signals mit beeinflussen. In Bild 1 kann man sehen, dass nah an den Mundtonfrequenzen 336 Hz und 909 Hz hohe Amplitudenanteile im Einschwingvorgang auftreten, die verschwinden, wenn der Pfeifenklang im stationären Zustand ist.

Beobachtet werden können auch einige andere nicht zur Grundfrequenz harmonische Anteile. Ihr Ursprung wird teils durch die Mundtonmoden erklärt, aber auch die Anregung der Resonatormoden muss in Betracht gezogen werden, wie von Miklos [1] veröffentlicht. Eine lineare Abhängigkeit wurde zwischen der Aufschnitthöhe und den Frequenzen der Mundtonmoden für die 6 untersuchten Aufschnitthöhen gefunden (Bild 4). Für das Intonieren bedeutet dies, dass die Mundtonmoden linear zur Frequenz verschoben werden können, indem man die Aufschnitthöhe vergrößert. Ein anderes Phänomen ist in Bild 2 zu sehen. Die Analyse des 2. Teiltons zeigt ein moduliertes Frequenzverhalten um seinen Nennwert von 388 Hz. Es ist wahrscheinlich, dass es an der spektralen Nähe zur 1. Mundtonmode liegt, die den Teilton sogar während des stationären Tones beeinflusst. Diese Tendenz kann für alle Mundtonfrequenzen durch alle Messungen hindurch verfolgt werden. Amplitude und Q-Faktor einer Mundtonmode sowie die spektrale Nähe zu einem harmonischen Teilton, tragen zur Modulation des betroffenen Teil-

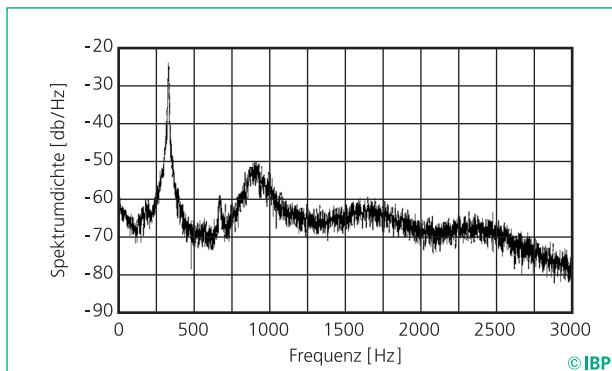


Bild 3: Stationärspektrum eines Mundtones.

tons bei. Im Falle der genauen Justierung einer Mundtonmode auf der Frequenz eines Teiltons, kann dieser Teilton perzeptiv hervorgehoben oder "beschleunigt" werden [4]. Auch der typische "Chiff" Einschwingvorgang kann erzielt werden, indem man den Mundton breitbandig geräuschvoller macht [5]. Die beschriebenen Eigenschaften sind demnach für die Wahrnehmung eines Klanges essentiell. Deswegen wird im Intonationsprozess eine genaue Justierung der Mundtöne zu den harmonischen Teiltönen vorgenommen, um einen gewünschten Klang zu erreichen und überdies den Klang in künstlerischer Weise zu formen.

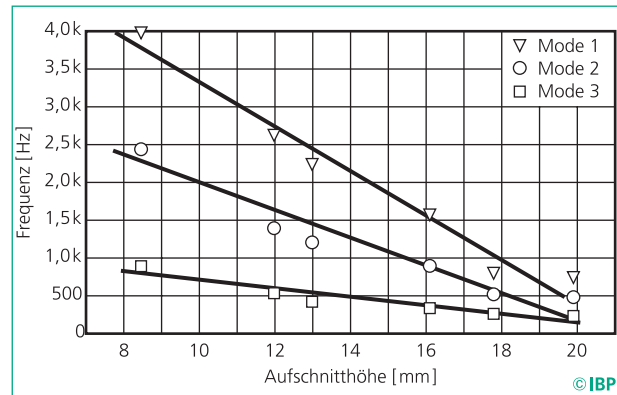


Bild 4: Zusammenhang zwischen Aufschnitthöhe und Frequenzen der Mundtonmoden.


Danksagung

Diese Arbeit wurde von der Europäischen Kommission im Rahmen eines CRAFT-Forschungs-Projektes unterstützt (Vertrag Nr.: G1ST-CT-2002-50267-DEMORGIPIE). Für die Unterstützung wird den folgenden Orgelbauerunternehmen gedankt:

Werkstätte für Orgelbau Mühleisen GmbH, Leonberg, Germany (Project co-ordinator), Manufacture d'orgues Muhleisen, Strasbourg, France, Christian Scheffler Orgelwerkstatt, Sieversdorf (Frankfurt/Oder), Germany, Orgelbau Schumacher, Baelen, Belgium, Blancafort, orgueners de Montserrat S. L., Collbato, Spain, Oficina e Escola de Organasia, Ltd., Es-moriz (Porto), Portugal, Fratelli Ruffatti Pipe organ Builders, Padova, Italy, Marc Garnier Orgues, Les Fins, France, Pécsi Orgonaépítő Manufaktura KFT, Pécs, Hungary, Mander Organs, London, U.K.

Literatur

- [1] Miklós, A.; Angster, J.: Properties of the sound of flue organ pipes. *Acustica/acta acustica*, Vol. 86 (2000), S. 611-622.
- [2] Täsch, Ch.: Messung und Charakterisierung von Klängen der Lippenorgelpfeifen. *Inst. Elektr. Musik und Akustik, Univ. für Musik und Darst. Kunst, Graz*, 2003.
- [3] Castellengo, M.: Acoustical analysis of initial transients in flute like instruments. *Acustica/acta acustica*, Vol. 82 (1999), S. 387-400.
- [4] Angster, J.; Pitsch, S.; Miklos, A.: Objektive und subjektive Untersuchung der Klänge verschiedener Orgelregister. *Instrumentenbau-Zeitschrift* 51 (1997), H.1-2, S.62-70.
- [5] Nolle, W.: Some voicing adjustments of flue organ pipes. *J. Acoust. Soc. Am* 66 (1979) 1612-1626.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Prof. Dr. Gerd Hauser
Prof. Dr. Klaus Sedlbauer

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0