

Untersuchung der Ursachen von instabilen Pfeifentönen bei Orgeln

J. Angster, S. Pitsch, A. Miklós

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

Einleitung

Es kommt oft bei historischen oder auch bei neugebauten Orgeln vor, daß die Musik durch instabile Pfeifentöne gestört wird. Ein Beispiel einer solchen Störung aus der Sicht der Organisten ist: Ein oder mehrere Töne werden lange ausgehalten. Plötzlich kommen andere Stimmen einzeln oder in Akkorden dazu. Beim Einsetzen dieser Töne sinken die ausgehaltenen Töne in ihrer Tonhöhe vorübergehend oder dauerhaft ab [1]. Die Ursachen von solchen und ähnlichen Problemen wurden systematisch im Rahmen von einem durch die Europäische Kommission unterstützten Forschungsprojekt untersucht. Ziel des Projektes ist es unter anderem, ein Computerprogramm zu entwickeln, welches das Windsystem von Kirchenorgeln strömungstechnisch und akustisch günstig auslegen und dazu beitragen kann, in der Praxis häufig auftauchende Fehler zu vermeiden. Wichtige Meßdaten für die Software-Entwicklung müssen durch Messungen im Labor oder vor Ort ermittelt werden.

In-situ Untersuchungen an Orgeln

Es wurden Messungen an 8 Orgeln unterschiedlicher Bauteile aus fünf Ländern durchgeführt. Unter anderem wurden folgende Parameter untersucht: Maximaler Windverbrauch, Stabilität des Druckes im Reservoir, Druckschwankungen aufgrund tieffrequenter akustischer Resonanzen des Systems, Druckmodulationen, verursacht durch einen plötzlichen Druckabfall in den verschiedenen Bauteilen, d.h. Windkanäle und Kondukten, unterschiedlichen Kröpfen, Bohrungen, Ventilen, usw. Weiterhin wurden Messungen durchgeführt, um den Einfluß der Druckänderungen im Pfeifenfuß auf den Klang feststellen zu können.

Als Beispiel wird hier der Einfluß der Druckschwankungen aufgrund tieffrequenter akustischer Resonanzen des Kegelladen-Systems auf den Pfeifenklang vorgeführt. Bild 1 zeigt die Skizze einer Registerkanzelle. Ist das Register einregistriert, steht die Registerkanzelle unter Druck. Mit der Taste kann das Kegelventil geöffnet werden. Ganz am Anfang des Pfeifenklanges war ein deutlicher „Zitterton“ zu hören, was sich sehr störend auf die Orgelmusik auswirkte. Bild 2 zeigt, daß eine deutliche Druckmodulation mit rund 11 Hz sowohl in der Registerkanzelle als auch nach dem Kegelventil und im Pfeifenfuß auftrat. Die hochfrequente

Komponente des Drucksignals entspricht der Druckschwingung, die durch den Klang verursacht wird. Um dieses Phänomen erklären zu können, wurde die der Pfeife zugeordnete Taste bei nicht eingeschaltetem Register niedergedrückt. Die Druckschwingung von 11 Hz zeigte sich auch ohne Winddruck, d.h. sie wurde in der Registerkanzelle durch die plötzliche Öffnung des Kegelventils angeregt (Bild 2). Diese Untersuchungen zeigen, daß der „Zitterton-Effekt“ durch die akustische Resonanz der Registerkanzelle verursacht wird.

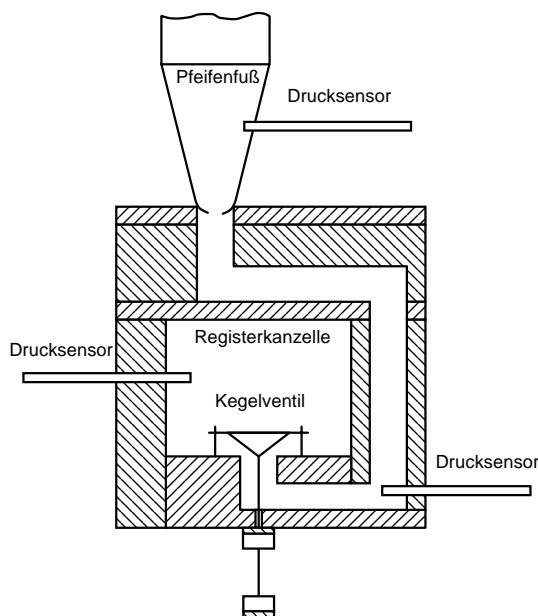


Bild 1

Skizze einer Registerkanzelle mit Kegelventil

Bei einer anderen Orgel wurde der modulierte Pfeifenklang analysiert, um zeigen zu können, ob die hörbare Tonhöhenmodulation durch eine reale Frequenzmodulation oder nur als ein subjektiver Effekt auftritt. Bild 3 zeigt, daß auf die Druckschwingungen in der Registerkanzelle nach einer kleinen Zeitverschiebung das Schallsignal folgt. Die zeitliche Verzögerung kann damit erklärt werden, daß der Pfeifenresonator Zeit braucht, um die Amplitude zu ändern (je höher der Gütefaktor des Resonators, desto größer die Verzögerung). Im Pfeifenfuß wurde eine Druckmodulation von 10% mit einer Frequenz von rund 10 Hz gemessen. Um die Frequenzänderungen feststellen zu können, wurden an drei unterschiedlichen Stellen, die im Bild 3 mit Pfeilen angezeigt

wurden, 6 ms Zeitfenster aus dem Schallsignal ausgeschnitten. Eine Position war im stationären Teil, die zweite bei einer Minimums-Position und die dritte bei einer Maximums-Position in der zeitlichen Funktion des Klanges.

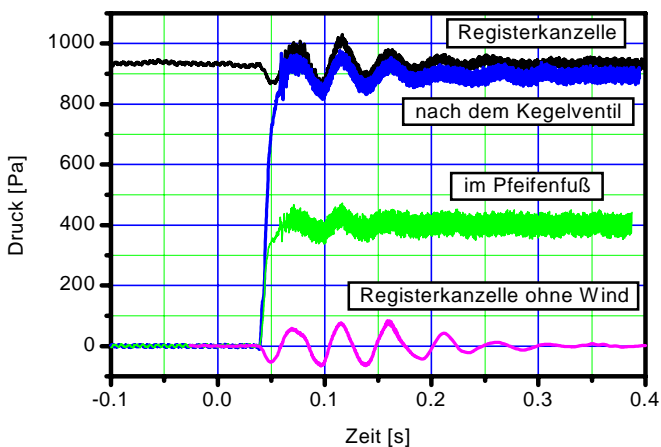


Bild 2
Druckverläufe an versch. Positionen

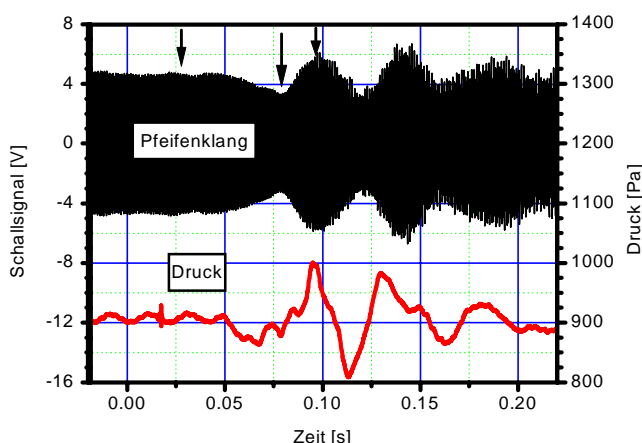


Bild 3
Klang der Pfeife und Druck in der Reg.kanzelle

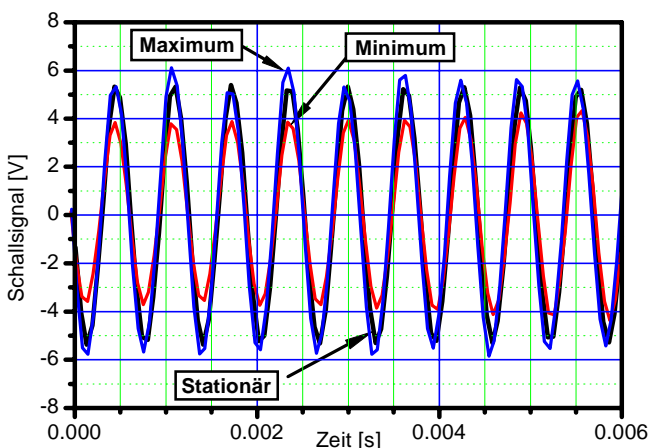


Bild 4
Klanganalyse an verschiedenen Zeitpunkten

In Bild 4 wurden die Zeitfenster beim Zeitpunkt 0 zusammengesetzt. Es kann gut beobachtet werden, daß das Klangsignal an der Minimums-Position eine etwas längere Periode hat als das Signal an der stationären Position. Entsprechend ist die Periode des Signals an der Maximums-Position etwas kürzer. Die Differenzen in der Frequenz sind etwa $\pm 0,9\%$ bzw. ± 15 cent. Auf der anderen Seite beträgt die Amplitudenmodulation etwa 20%. Das bedeutet, daß die hörbare Tonhöhenänderung, obwohl eine direkte Frequenzmodulation festgestellt wurde, mehr durch eine Amplitudenänderung verursacht wird. Die Größe der Frequenzmodulation ist zu gering, um so große Tonhöhenunterschiede bewirken zu können.

Zusammenfassung

Mit in-situ Messungen wurden die dynamischen Druckprobleme unterschiedlicher Orgeln untersucht. An einem Beispiel wurde gezeigt, daß für den „Zitterton-Effekt“ die tieffrequente akustische Resonanz der Registerkanzelle verantwortlich ist. Am anderen Beispiel wurde untersucht, welchen Einfluß die im Windsystem auftretende Druckschwankung auf den Pfeifenklang hat. Mit ähnlichen Untersuchungen wurde gezeigt, daß Druckschwankungen in den Windkasten und Kanzellen äußerst störend sein können. Die Meßergebnisse sollen bei der Entwicklung eines Computerprogramms helfen, das eine günstige Auslegung des Windsystems von Kirchenorgeln ermöglicht.

Literatur

[1] H.P. Mebold: Considerations about the organ wind supply, ISO Information, No. 30, 11-24 (November 1989)

Danksagung

Der Dank der Verfasser gilt den folgenden, im Projekt teilnehmenden Orgelbaufirmen: Werkstätte für Orgelbau Mühleisen GmbH, Leonberg, Manufacture d'Orgues Muhleisen, Strasbourg, Frankreich, Orgelbau Wegscheider, Dresden, Christian Scheffler Orgelwerkstatt Sieversdorf (Frankfurt/Oder), Marcussen & Son, Orgelbyggeri A/S, Aabenraa, Dänemark, Orgelbau Schumacher, Baelen, Belgien, Pelsd'Hondt Orgelbouw BVBA, Herselt, Belgien, Fratelli Ruffatti Pipe organ builders, Padova, Italien, Gerhard Grenzing, Papiol (Barcelona), Spanien, Oficina e Escola de Organasia, Ltd., Esmoriz (Porto), Portugal, Didier Grassin, London, U.K., Pécsi Orgonaépítő Manufaktúra KFT, Pécs, Ungarn.

Das Forschungsprojekt wird von der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen von einem CRAFT (Cooperative Research Action For Technology) Projekt unterstützt.