

# Einfluß von Winddruckänderungen auf den Klang von Orgelpfeifen

J. Angster, S. Pitsch, N. Zagyva, A. Miklós  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Nobelstraße 12. D-70569 Stuttgart  
Email: [angster@ibp.fhg.de](mailto:angster@ibp.fhg.de), Internet: <http://www.ibp.fhg.de/rata/>

## Einleitung

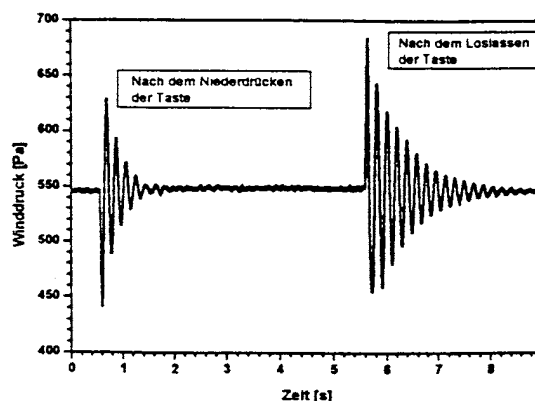
Bei Pfeifengeln treten oft klangliche Probleme auf, die durch statische oder dynamische Druckänderungen im Windsystem verursacht werden. Die Ursache für diese Problematik wurde systematisch im Rahmen eines durch die Europäische Kommission unterstützten Forschungsprojekts untersucht. Ziel dieses Projektes war es unter anderem, ein Computerprogramm zu entwickeln, mit dem man das Windsystem von Kirchenorgeln strömungstechnisch und akustisch günstig auslegen kann, um dadurch in der Praxis häufig auftauchende Fehler zu vermeiden. Wichtige Messdaten für die Software-Entwicklung mussten durch Messungen im Labor und vor Ort ermittelt werden.

## Ursache der Winddruck-Probleme

Der Einfluss der Druckschwankungen aufgrund tieffrequenter akustischer Resonanzen des Kegelladen- Systems auf den Pfeifenklang ist in [1] beschrieben. Störungen durch akustische Resonanzen in den Tonkanzellen wurden bei den In-situ Untersuchungen an 8 Orgeln unterschiedlicher Baustile aus fünf Ländern nicht festgestellt. Störungen aufgrund von Resonanzen in langen Windkanälen wurden in [2] ausführlich untersucht. Über weitere Ursachen und deren Einfluss auf den Pfeifenklang wird hier berichtet.

Klangliche Probleme treten bei einer Pfeife auf, die nicht genügend Wind erhält und deshalb gar nicht erst ihren vollen Klang, bzw. auch einen Ton entwickelt, der hörbare Schwankungen in seiner Höhe und Lautstärke aufweist. Die Ursache dafür, daß eine Pfeife nicht genug Wind bekommt, kann darin liegen, dass das eingebaute Gebläse zu klein ist, bzw. dass im Windsystem zu viele Druckverluste auftreten. Tonhöhen- und Lautstärke-schwankungen sind auf eine andere Ursache zurückzuführen: Im Windsystem entstehen Druckschwankungen, d.h. der Betriebsdruck der Orgel ist nicht konstant, wie es im stationären Zustand eigentlich der Fall sein sollte, sondern ist von einer Schwingung überlagert. Im Prinzip treten solche Druckschwankungen in jedem traditionellen Windsystem auf, wobei bei kleinen Schwingungen der Wind nur „lebendig“ erscheint. Große Druckmodulationen, wodurch die Musik deutlich gestört wird, müssen jedoch unbedingt vermieden werden. Ob eine Orgel anfällig für solche Druckschwankungen ist, lässt sich mit einem einfachen Experiment ausprobieren: Man spielt einen langen, hohen Ton und spielt nachträglich einen kurzen, dreistimmigen Akkord im tiefen Tonbereich. Hört man deutliche Frequenz- oder Lautstärke-schwankungen bei dem einzelnen Ton, handelt es sich um ein Windsystem, das Druckschwankungen begünstigt [3]. Verursacht werden solche Druckschwankungen von den mechanischen Regelungseinrichtungen einer Orgel, wie zum Beispiel einem Balg mit Rollventil [4]. Ein Beispiel für solche Druckschwankungen in einer Orgel ist in **Bild 1** gezeigt. In diesem Beispiel beträgt die maximale

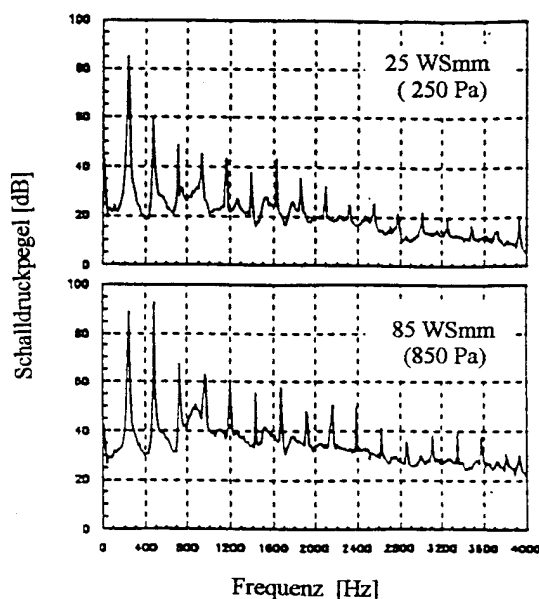
Druckschwankung relativ zum stationären Druck etwa 28%. Bei fehlerhaften Windsystemen wurden sogar Druckschwankungen von mehr als 50 % gemessen.



**Bild 1** Typische Druckschwankungen beim Niederdrücken und Loslassen der Tasten einer Orgel

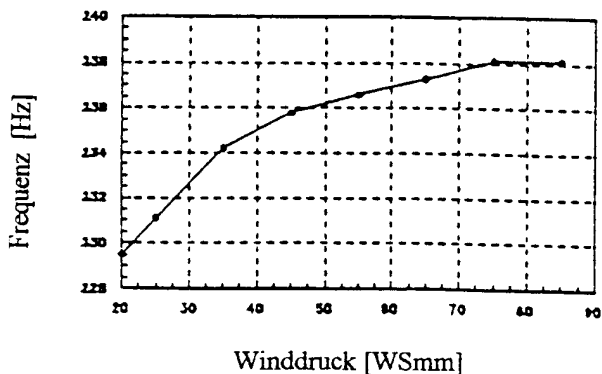
## Einfluss von Winddruckänderungen auf den Klang von Lippenorgelpfeifen

In [1] wurde gezeigt, dass die Druckschwankungen nach einer kurzen Verzögerung vom Schallsignal verfolgt werden. Untersuchungen am Einfluss von stationären Druckänderungen auf den stationären Klang sollten Informationen dazu liefern, welche Parameter des Klangspektrums von Druckänderungen beeinflusst werden [5]. **Bild 2** zeigt das Klangspektrum einer Kornett-Pfeife bei 250 und 850 Pa Druck, die bei einem Winddruck von 600 Pa (60 mmWS) intoniert wurde.



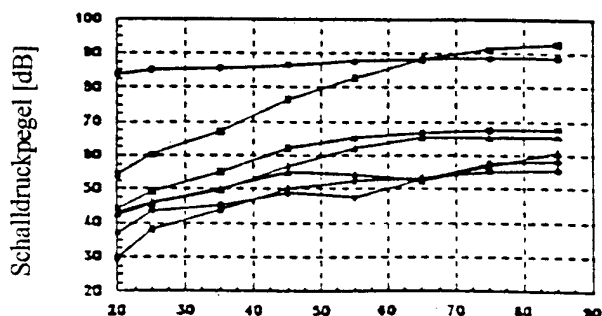
**Bild 2** Die Klangspektren einer Kornett-Pfeife bei unterschiedlichen Winddruck-Einstellungen

Mit der Drucksteigerung erhöht sich die Grundtonfrequenz (**Bild 3**): Die Änderung ist im niedrigen Druckbereich viel steiler als im höheren. Die zwischen 200 und 850 Pa aufgezeichnete Frequenzänderung beträgt etwa 6,2 %, was gut hörbar ist.



**Bild 3** Die Grundfrequenz als Funktion des Winddrucks

Weitere Probleme werden durch Schalldruckpegel-Änderungen bei den Teiltönen verursacht (**Bild 4**). Bei den Spektren mit steigendem Winddruck können hauptsächlich zwei Änderungen festgestellt werden: Auf einer Seite steigt die Amplitude der einzelnen Teiltöne, auf der anderen Seite ändert sich das Verhältnis der Teiltonamplituden untereinander. Wie sich die einzelnen Teiltonamplituden bei steigendem Winddruck verstärken, kann **Bild 4** entnommen werden. Bei niedrigem Winddruck ist der Grundton am stärksten. Mit steigendem Druck wird die Oktave relativ zum Grundton immer stärker, bis der 2. Teilton – bei höherem Winddruck als 650 Pa – stärker ausgeprägt wird als der Grundton. Die oben genannten Spektrum-Änderungen tragen auch dazu bei, dass die subjektive Klangempfindung bei größeren Winddruckänderungen beträchtlich beeinflusst werden kann.



**Bild 4** Der Schalldruckpegel der ersten 7 Teiltöne als Funktion des Winddrucks

Im Druckbereich von 550 bis 750 Pa ist zwar die Frequenzänderung nur noch etwa 1%, jedoch gerade in diesem Bereich wird die Oktave stärker als der Grundton. Durch diese Spektrumänderung wird die subjektive Schallempfindung deutlich beeinflusst.

### Zusammenfassung

Mit in-situ Messungen wurden die dynamischen Druckprobleme unterschiedlicher Orgeln untersucht. Es wurde festgestellt, dass Druckschwingungen zu den charakteristischen Eigenschaften traditioneller Windsysteme zählen. Da die akustischen Eigenschaften des Pfeifenklanges durch Druckschwingungen eindeutig beeinflusst werden, müssen diese in Grenzen gehalten werden. Die erzielten Messergebnisse haben zur Entwicklung eines Computerprogramms beigetragen, das eine günstige Auslegung des Windsystems von Kirchenorgeln ermöglicht.

### Literaturhinweise

- [1] **J. Angster; S. Pitsch; A. Miklós:** Untersuchung der Ursachen von instabilen Pfeifentönen bei Orgeln. Fortschritte der Akustik – DAGA, (2000), Oldenburg, DEGA e.V. (Hrsg), 234-235, (2000).
- [2] **T. Carlsson:** On Dynamic Behaviour of Wind Systems for Pipe Organs. PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg (2002).
- [3] **H.P. Mebold:** Considerations about the organ wind supply, ISO Information, No. 30, 11-24, (11/1989).
- [4] **J. Angster, S. Pitsch, A. Miklos:** Der wohltemperierte Windkanal. Spektrum der Wissenschaft, 76-77, (9/2001).
- [5] **N. Zagyva:** Computer Modellierung der Klangeinschwingung labialer Orgelpfeifen (auf Ungarisch). Diplomarbeit, Universität Budapest (1993)

### Danksagung

Für ihre tatkräftige materielle, finanzielle und ideelle Unterstützung sei den folgenden, am Projekt beteiligten Orgelbaufirmen gedankt:

- Werkstätte für Orgelbau Mühleisen GmbH, Leonberg
- Manufacture d'Orgues Muhleisen, Strasbourg, Frankreich
- Orgelbau Wegscheider, Dresden
- Orgelwerkstatt Christian Scheffler, Sieversdorf
- Marcussen & Son, Orgelbyggeri A/S, Aabenraa, Dänemark
- Orgelbau Schumacher, Baelen, Belgien
- Pels-d'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 Orgonaépitő Manufaktúra KFT, Pécs, Ungarn

Diese Forschungsinitiative wurde von der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen eines CRAFT (Cooperative Research Action For Technology)-Projekts unterstützt.