

Zur physikalischen Erklärung der Klangverschmelzung von Lippenorgelpfeifen

J. Angster¹, A. Miklós²

¹ Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, E-Mail: Judith.Angster@ibp.fhg.de

² Steinbeis Transferzentrum Angewandte Akustik, 70499 Stuttgart

Einleitung

Der Klangreichtum einer Pfeifenorgel entsteht durch die schier unerschöpflichen Kombinationsmöglichkeiten von mehreren Pfeifenbauarten (Registern) mit ganz unterschiedlichen Klangcharakteren, die bei gleichzeitigem Spiel zu einem einheitlichen Gesamtklang "verschmelzen". Was bedeutet diese Klangverschmelzung physikalisch und wie funktioniert sie? Verschiedene Aspekte wurden experimentell untersucht, um sich der Antwort auf diese Frage zu nähern. Zunächst wurde die Kopplung zwischen Pfeifen durch die Tonkammer eines Schleifladenmodells im reflexionsarmen Raum des Fraunhofer IBP untersucht. Dann wurde der so genannte "Mitnahme Effekt" getestet. Dazu wurden die Veränderungen von Einschwingzeit und Grundfrequenz einer eng mensurierten Salizionalpfeife gemessen, die entweder allein oder gleichzeitig mit einer weit mensurierten und schneller ansprechenden Blockflöte gespielt wurde.

Klangverschmelzung

Die hier vorgestellten Messungen sollen Informationen zu einem sehr umstrittenen Thema im Orgelbau geben: das Problem der Klangkopplung von Orgelpfeifen durch die Kammer einer Schleiflade. Wolfgang Adelung sagt dazu [1]: „Weil sich die Luftschwingungen der Pfeifen in geringem Maße auch rückwärts in die Windlade hinein arbeiten, beeinflussen sich die Pfeifen gegenseitig, was man Klangkopplung nennt.“ „Die Klangkopplung bewirkt in der Hauptsache, dass die Schwingungen aller Pfeifen, die auf einer Kammer stehen, phasengleich werden. Dadurch tritt bei diesen Pfeifen im Zusammenhang eine besonders gute Klangverschmelzung ein.“

Um zu überprüfen, ob eine Klangkopplung durch die Kammer auftritt, wurde der Windruck in der Kammer des Schleifladenmodells des IBP mit Hilfe eines Drucksensors aufgenommen. Gleichzeitig wurde der Pfeifenklang durch ein Mikrophon ermittelt, das nahe am Labium aufgestellt war. Den Ergebnissen nach ist im Winddrucksignal keine periodische Struktur ähnlich des Klangsignals zu erkennen. Offensichtlich kann keine Klangkopplung zwischen Lippenpfeifen durch die Kammer einer Schleiflade entstehen [2].

Das oben genannte Zitat von Adelung in Bezug auf die phasengleiche Schwingung (was eine Stärkung des Klangs bedeuten würde) und die widersprüchliche Meinung vieler Orgelbauer (dass der Klang von gleichzeitig klingenden Pfeifen schwächer wird) sind auch untersucht worden. Dabei wurden die Klänge von zwei Lippenpfeifen, die nahe beieinander auf der Kammer standen, gemessen. **Abbildung 1** zeigt die Zeitfunktionen der beiden Pfeifenklänge, die

gleichzeitig ermittelt wurden. Es ist zu erkennen, dass die Pfeifen nicht phasengleich klingen sondern eher gegenphasig. Ähnliche-Ergebnisse hat Abel [3] erhalten, wobei dieses Phänomen mit der Synchronisation der Pfeifen erklärt wurde.

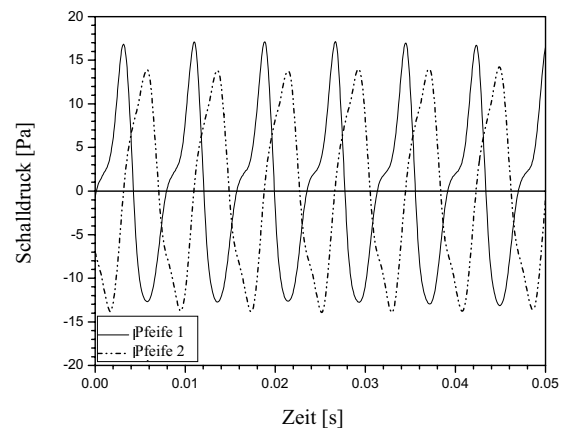


Abbildung 1: Zeitfunktionen von zwei gleichzeitig klingenden Lippenorgelpfeifen, die auf der gleichen Kammer stehen

Ein anderer Effekt, ist der so genannte 'Mitnahme-Effekt', die Beschleunigung des Anklingens der langsam klingende Pfeifen durch schnellere. Es ist bekannt, dass weit mensurierte Pfeifen schneller erklingen als eng mensurierte [4]. Wenn zwei verschieden mensurierte Pfeifen nahe beieinander stehen, „nimmt die schneller klingende Pfeife die langsamere mit“, jeweils nach der Betrachtungsweise der Orgelbauer. Zunächst wurde eine Salizionalpfeife mit einem langsamen Einschwingvorgang gemessen. **Abbildung 2** zeigt die Zeitfunktion der ersten sechs Teiltöne des Pfeifenklangs im Einschwingvorgang. Der langsame Einschwingvorgang ist besonders deutlich beim Anklingen des Grundtons zu erkennen. Dann wurde auch der Einschwingvorgang einer viel schnelleren Blockflöte, die auf der gleichen Kammer steht, untersucht (**Abbildung 3**). Es zeigt sich, dass die Pfeife grundtönig klingt, z. B. sind die hohen Teiltöne viel geringer als der Grundton. Danach wurde der Klang der Salizionalpfeife wieder gemessen, während sie gleichzeitig mit der Blockflöte klingt. **Abbildung 4** zeigt, dass die Salizionalpfeife deutlich schneller wird. Dann wurde eine große, 4cm dicke Mineralwollenplatte zwischen die beiden Pfeifen gestellt, um die akustische "Kommunikation" durch die Luft zwischen den beiden Pfeifen zu dämpfen. Die Beschleunigung des Klangs der engen Pfeife wurde in diesem Fall viel geringer. In einer weiteren Prüfung wurden die Pfeifen auf eine benachbarte Kammer gestellt, um so eine Kopplung durch die Kammer auszuschließen. Das Phänomen des 'Mitnahme-Effekts' trat immer noch auf.

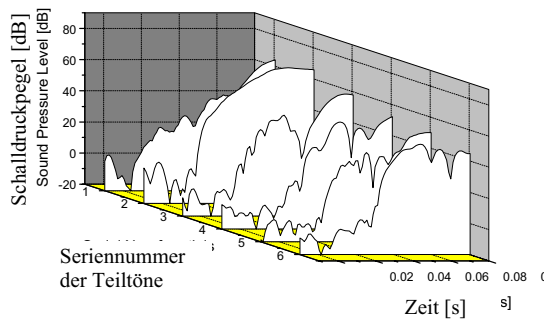


Abbildung 2: Einschwingvorgang einer Salizionalpfeife

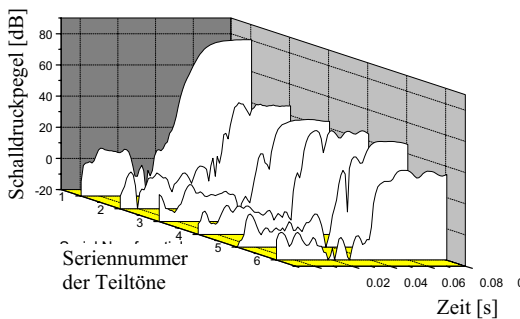


Abbildung 3: Einschwingvorgang einer Blockflöte

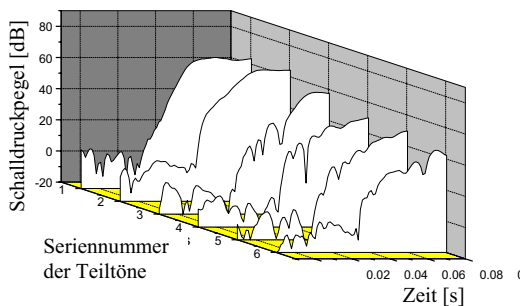


Abbildung 4: Einschwingvorgang einer Salizionalpfeife, während sie gleichzeitig mit einer Blockflöte klingt

Ein weiterer Aspekt des 'Mitnahme-Effekts' ist die Frequenzverschiebung der gekoppelten Pfeifen. Die gemeinsame Frequenz von gleichzeitig klingenden Pfeifen ist für gewöhnlich anders als die Frequenzen der einzelnen Pfeifen. [3, 5]. Eine Frequenzverschiebung tritt bei gleichzeitigem Klingen von zwei Pfeifen allerdings auch dann auf, wenn sie einzeln auf die gleiche Tonhöhe gestimmt sind. Die Frequenzverschiebung ist von der Stärke der Kopplung abhängig. Schlimmstenfalls könnte eine wahrnehmbare Verschie-

bung der Tonhöhe auftreten, wenn das zweite Register angeschaltet wird.

Diskussion

Die diskutierten Eigenschaften von gleichzeitig klingenden Orgelpfeifen könnten zum besseren Verständnis der Verschmelzung von Pfeifenklängen beitragen. Weit mensurierte Pfeifen wie z.B. Flöten können den Einschwingvorgang von eng mensurierten Pfeifen synchronisieren und langsam ansprechende Pfeifen beschleunigen, selbst wenn sie gar nicht laut sind. Die Ursache dafür könnte sein, dass die Lautstärke des Klangs nicht nur vom physikalisch messbaren Schalldruckpegel sondern auch vom Spektrum abhängig ist. Wenn die weite Pfeife einen starken Grundton aber schwache Harmonische hat, wird dieser Klang als weicher empfunden als der Klang der engen Pfeife, die mehrere Harmonische in dem für unser Ohr empfindlicheren Bereich hat. Durch diese Obertöne hören wir den Klang der engen Pfeife viel lauter. Da der Grundton der weiten Pfeife physikalisch stärker ist, kann er den Klang der engen Pfeife beeinflussen (Mitnahme-Effekt). Daher könnte durch das Hinzufügen eines 8-Fuß-Flötenregisters zu den bereits vorhandenen Registern die Klangverschmelzung sehr wirkungsvoll beeinflussen

Fazit

Die Messungen haben ergeben, dass zwischen Lippenpfeifen (Labialpfeifen) keine Klangkopplung in der Kanzelle auftritt im Gegensatz zu vielen gegensätzlichen Meinungen. Zur Aussage zur Phasengleichheit der Schwingung von benachbarten Lippenpfeifen ist festgestellt worden, dass die Pfeifen nicht phasengleich sondern eher gegenphasig klingen, wobei erklärt werden kann, dass der Klang von gleichzeitig klingenden Pfeifen schwächer wird. Die Klangkopplung der Lippenorgelpfeifen vollzieht sich durch die Luft. Die Messungen haben darüber hinaus ergeben, dass die schneller ansprechenden Pfeifen die langsamer ansprechenden 'mitnehmen'. Es wurde erklärt, wie die enger mensurierten Pfeifen durch den Klang der weiter mensurierten Pfeifen beeinträchtigt werden ('Mitnahme-Effekt') Diese Messergebnisse können dazu beitragen, dass Orgelbauer und Organisten die Phänomene besser verstehen, die in dieser Arbeit diskutiert wurden, so dass sie den Klang ihres Instruments ihren Vorstellungen entsprechend besser anpassen können.

Literatur

- [1] Adlung, W: 'Einführung in den Orgelbau', Verlag Breitkopf & Härtel, Wiesbaden-Leipzig-Paris, 1999; p.150.
- [2] J. Angster, J. Pitsch, S. Miklós, A.: 'Intensivkurs für Orgel- und Kirchenakustik.' Regelmäßige Veranstaltung, <http://www.ibp.fraunhofer.de>
- [3] M. Abel, S. Bergweiler, R. Gerhard-Multhaupt: J.Acoust. Am. 119, 2467 (2006)
- [4] A. Miklos, J. Angster: Properties of the Sound of Flue Organ Pipes. Acustica united with Acta Acustica. 2000, 86: p.611-622
- [5] J.Angster, J.Angster, A.Miklós: Coupling between simultaneously sounded organ pipes. 94th AES Convention, Berlin, Preprint 3534 (F1-2) (1993)