

Ein Antischallfenster mit Dreifachverglasung

Roland Bauers¹, Andre Jakob¹, Michael Möser¹

¹ Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin, 10587 Berlin, Deutschland,
Email: robaqihh@mailbox.tu-berlin.de

Einleitung

In den letzten Jahren wurde die Anwendung von aktiver Lärmbekämpfung (Antischall) in Doppelglasfenstern eingehend untersucht. Zur Verbesserung der Schalldämmung wurden Lautsprecher zwischen den Glasscheiben installiert. Zu dem bestehenden Schallfeld in diesem Hohlraum wird über die Lautsprecher ein geeignetes Gegenfeld aktiv generiert und somit das Schalldämmmaß erhöht. Im Bereich der Tonpflanzfrequenz konnte somit die Schalldämmung um bis zu 10 dB verbessert werden.

In der Umsetzung in die Praxis ergeben sich Probleme, da ein geringer Scheibenabstand notwendig ist, um eine gute Wärmeisolierung zu erhalten. Ein typischer Scheibenabstand beträgt dabei 16 mm. Erst in diesem Bereich wird die Konvektionsbewegung der Luft innerhalb des Hohlraums unterdrückt und so die Wärmeisolierung verbessert. Dadurch ist es jedoch unmöglich Lautsprecher im Hohlraum zu installieren. Die ersten Versuchsaufbauten wiesen einen Scheibenabstand von 20 cm auf [1]. In den letzten Jahren konnte der Scheibenabstand mittels schmaler Lautsprecher bei gleicher Effektivität auf 4 cm verkürzt werden [2] – was immer noch nicht ausreichend ist. Weiterhin ist die Integration der Lautsprecher und Mikrofone in den Fensterrahmen mit enormen Aufwand in der Fertigung verbunden, da der Hohlraum luftdicht abgeschlossen werden muss.

Dreifachfenster

Um diese Probleme zu umgehen wird hier ein neuer Ansatz untersucht. Es wird eine dritte Scheibe an einem Standard-Doppelfenster angebracht. Der Abstand der dritten Scheibe ist so gewählt, dass ausreichend Platz für Lautsprecher besteht. Dies führt zu einem Aufbau mit drei Scheiben und zwei unterschiedlich großen Hohlräumen. In diesem Dreifach-Fenster wird nur der neu entstandene Hohlraum beschallt, der zudem nicht luftdicht abgeschlossen sein muss.

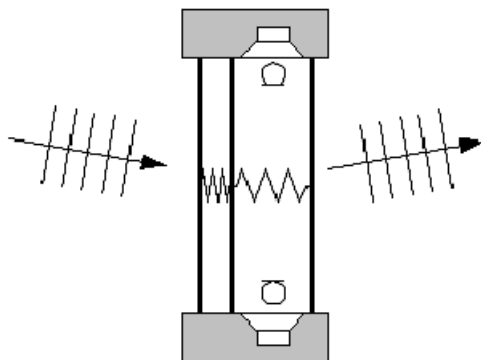


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Dreifachfensters

Im Prinzip erhält man nun ein System aus zwei gekoppelten Masse-Feder-Masse-Systemen (s. Abbildung 1), jedoch wird nur ein Hohlraum aktiv beeinflusst. Es ist zu klären inwieweit dies die Ergebnisse der aktiven Maßnahme beeinflusst.

Ein theoretisches Modell des aktiven Dreifachfensters basiert auf dem bereits veröffentlichtem Modell für das Doppelfenster [1] und wurde in [3] eingeführt.

Hierbei stellte sich heraus: wenn der Scheibenabstand des passiven Teils des Dreifachfensters klein gegenüber dem Abstand des aktiven Teils ist, verhält sich das passive, wie auch das aktive Dreifachfenster im Prinzip wie ein Doppelfenster mit identischen Abstand der äußeren Scheiben.

In diesem Paper werden Messergebnisse vorgestellt um die theoretisch gefundenen Ergebnisse zu verifizieren und Aussagen über die Wirkung des Fensters bei breitbandigen Signalen zu erhalten.

Messergebnisse

Die nachfolgenden Messergebnisse wurden im Fensterprüfstand des Instituts für Technische Akustik an der TU-Berlin gewonnen. Untersucht wurde die Schalldämmung eines Dreifachfensters mit dem Aufbau 4(16)4(48)4, d.h. drei Scheiben zu je 4mm Glas und zwei Hohlräumen zu je 16 und 48 mm, und 4(48)4(16)4 sowie zwei Doppelfenster mit der Konfiguration 4(16)4 und 4(48)4. Die Messungen führten zu dem Ergebnis, dass die Reihenfolge der Hohlräume bei Dreifachfenster keinen Einfluss auf das Schalldämmmaß hat.

In der Abbildung 2 ist gut zu erkennen, dass das Dreifachfenster und das Doppelfenster 4(48)4 ein nahezu gleiches Schalldämmmaß haben. Gegenüber dem Doppelfenster mit 16mm Abstand wird das Schalldämmmaß deutlich erhöht.

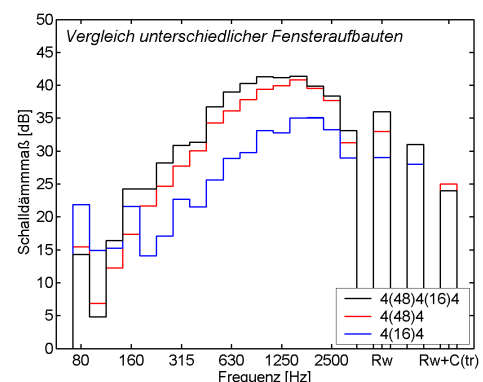


Abbildung 2: Schalldämmmaß, R_w , R_w+C_1 , R_w+C_{tr} für verschiedene Konfigurationen

Die Einbrüche im Schalldämmmaß liegen in den errechneten Terzen für die Tonpilzresonanz 100 Hz bei den großen Abständen und 200 Hz bei dem Standard-Fenster. Abbildung 3 stellt das Dreifachfenster 4(16)4(48)4 und das Doppelfenster 4(48)4 jeweils passiv und aktiv kontrolliert dar.

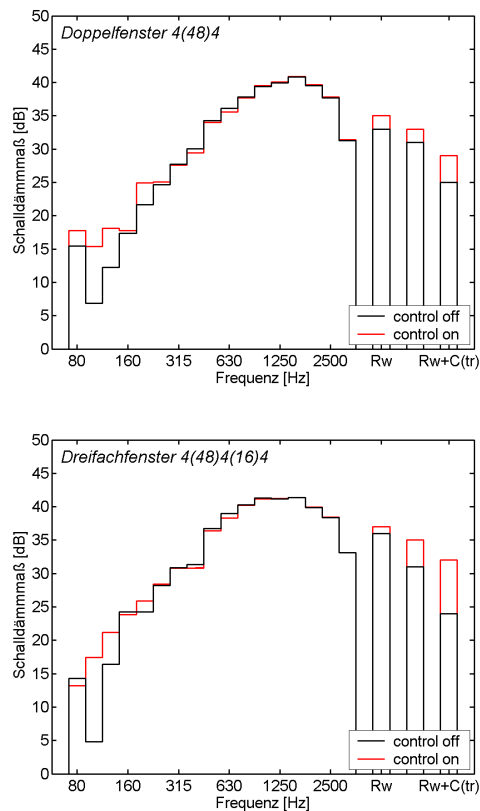


Abbildung 3: Schalldämmmaß, R_w , R_w+C_1 , R_w+C_{tr} passiv und mit aktiver Maßnahme

Im Bereich der Tonpilzresonanz werden durch die aktive Maßnahme Verbesserungen von bis zu 15 dB erreicht. Bezüglich des bewerteten Schalldämmmaßes R_w ergibt sich jedoch nur eine Verbesserung um 1 bis 2 dB, was auf die Definition des bewerteten Schalldämmmaßes zurückzuführen ist – die tiefen Frequenzen werden abgewertet. Werden jedoch die Spektralanpassungswerte C_1 und C_{tr} mit R_w nach DIN EN ISO 717-1 verrechnet, ist die Verbesserung deutlich sichtbar (s. die zwei rechten Balken im jeweiligen Diagramm, sowie Tabelle 1). Besonders das Dreifachfenster mit dem starken Einbruch in der Tonpilzresonanz profitiert bei diesen Einzahlwerten. In der folgenden Tabelle sind die Einzahlwerte für die drei Fensterkonfigurationen angegeben:

	passiv			aktiv		
	R_w [dB]	C_1 [dB]	C_{tr} [dB]	R_w [dB]	C_1 [dB]	C_{tr} [dB]
4(16)4(48)4	36	-5	-12	37	-2	-5
4(48)4	33	-2	-8	35	-2	-6
4(16)4	29	-1	-5	-	-	-

Tabelle 1: Einzahlwerte für verschiedene Fensterkonfigurationen nach DIN EN ISO 717-1

In Bezug auf tieffrequente Verkehrsgeräusche sind die drei Fenster im passiven Fall gleichwertig ($R_w + C_{tr}$), bei aktiver

Regelung hat das Dreifachfenster das größte Verbesserungspotential.

Im Empfangsraum konnten für Anregungen mit Rosa Rauschen und verschiedenen Verkehrsgeräuschen (ohly) folgende Verbesserungsmaße für den Empfangsschallpegel gemessen werden:

	Rosa Rauschen		Verkehrsgeräusche	
	ΔL_{total} [dB(A)]	ΔL_{100Hz} [dB]	ΔL_{total} [dB(A)]	ΔL_{100Hz} [dB]
4(16)4(48)4	≈ 8	≈ 13	5-17	bis zu 18
4(48)4	≈ 6	≈ 10	5-15	10-12

Tabelle 2: mögliche Verbesserungsmaße des Empfangspegels bei Anregung mit Rosa Rauschen und Verkehrsgeräuschen

Die Verbesserungsmaße sind jeweils für den Gesamtschallpegel und für die 100Hz Terz angegeben. Die Verbesserung unter Anregung mit Verkehrsgeräuschen ist abhängig vom Spektrum der Anregung, sowie vom zeitlichen Verlauf. Liegt das Maximum der Anregung im Bereich der Tonpilzresonanz und ist es periodisch, so sind Verbesserungen bis zu 18 dB in dieser Terz möglich.

Schlussbemerkungen

In der praktischen Umsetzung von „Anti-Schallfenstern“ widersprechen sich die Forderung nach geringem Scheibenabstand für eine gute Wärmeisolierung mit der nach einem größerem Scheibenabstand um die Lautsprecher unterzubringen. Ein möglicher Lösungsansatz besteht in der Erweiterung eines Doppelfensters um einen weiteren Hohlraum und eine dritte Scheibe. Da sich so ein Dreifachfenster akustisch wie ein Doppelfenster mit gleichem Abstand der Außenscheiben verhält, sind auch bei aktiver Regelung die Verbesserungsmaße weitgehend identisch. Im Bereich der Tonpilzresonanz können Verbesserungen von ca. 15 dB erzielt werden, die im bewerteten Schalldämmmaß jedoch nur 1 bis 2 dB ausmachen. Werden die spektralen Anpassungswerte C_1 und C_{tr} ermittelt, wird die Wirkung der aktiven Maßnahme besser quantifiziert. Besonders bei der Verwendung des C_{tr} ergibt sich eine Verbesserung bei Dreifachfenster von ca. 7 dB. Das aktive Dreifachfenster stellt somit eine gute Möglichkeit dar, die baulichen Beschränkungen eines Doppelfensters zu umgehen.

Literatur

[1] A. Jakob, M. Möser: A modal model for actively controlled double-glazed windows, Acta Acustica united with Acustica, 89(3), 2003, 479 - 493.
 [2] Jakob A, Möser M., Ohly C. Ein aktives Doppelglasfenster mit geringem Scheibenabstand, DAGA 2002
 [3] A. Jakob, R. Bauers M. Möser: An actively controlled triple-glazed window, Internoise 2004,