

29 (2002) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

H. Drotleff, X. Zha, M. Leistner

Raumakustische Untersuchung eines Orchestergrabens

Einleitung

Die Problematik der akustischen Arbeitsbedingungen von Musikern in teilüberdeckten Orchestergräben ist seit langem bekannt [1]. Diese Arbeitsplätze sind durch anspruchsvolle künstlerische Anforderungen, hohe Schallpegel (je nach Ausführung und Besetzungsstärke entstehen Mittelungspegel von mehr als 95 und Spitzenpegel von bis zu 125 dB(A) [2]) und schlechte Hörbedingungen für das eigene Instrument und die der anderen Musiker gekennzeichnet. Weist der Orchestergraben einen tiefen Überhang auf, der das Orchester zugunsten des Bühnengeschehens abschirmt, steigern sich diese Probleme noch. Es wird gezeigt, wie die akustische Qualität eines Orchestergrabens beurteilt werden kann und welche Maßnahmen zur Verbesserung des Ensemble-Spiels und damit indirekt zur Reduzierung der Schallpegelbelastung möglich sind.

Orchestergraben im Aalto Theater, Essen

Das Theater wurde 1988 nach der Planung des Architekten Avar Aalto fertiggestellt. Es besitzt einen großzügig gestalteten Orchestergraben mit einer Grundfläche von ca. 145 m², wovon jedoch 50% durch einen Überhang mit einer Höhe von ca. 2.4 m über Boden bedeckt sind (Bild 1). An der Symmetrieachse des Grabens (Bild 2) beträgt der Überhang ca. 3 m, seine Unterseite ist mit Holzpaneelen verkleidet. An der Rückwand sind Paneele mit einer glatten und einer gelochten Seite auf einer wendbaren Konstruktion angebracht. Die

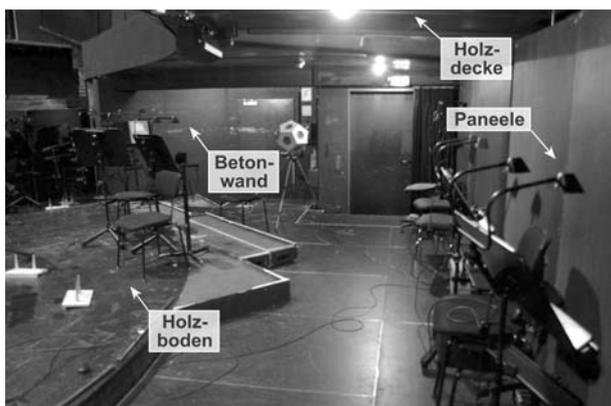


Bild 1: Teilansicht des überdeckten Orchestergrabens

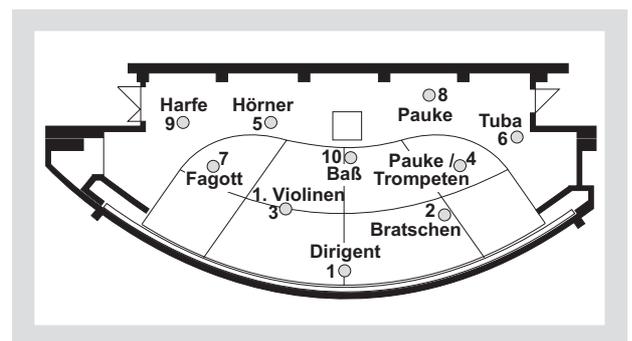


Bild 2: Messpositionen und Instrumentengruppen im Orchestergraben

linke Seitennische weist Betonwände und eine harte Decke auf, während in der rechten gelochte Paneele montiert sind. Die Brüstung zum Zuschauerraum ist akustisch reflektierend. Die Besetzungsstärke variiert zwischen 44 und ca. 82 Musikern. Die Konzertmeisterplätze sowie die Dirigentenposition werden positiv beurteilt. Die Streicher sind jedoch im Vergleich zu den Blechbläsern zu schwach; sie werden von anderen Musikern schlecht gehört. Auch wird der Kontakt zwischen den Instrumentengruppen im linken und rechten Teil des Grabens bemängelt.

Raumakustische Beurteilung

Nach [1] sollte pro Musiker eine Fläche von 1.5 m² zur Verfügung stehen. Bei einer Umfrage unter Orchestermusikern stellte sich heraus, dass 1.2 m² als unzureichend und 2 m² als großzügig beurteilt werden [3]. Für die größte Besetzung ergibt sich eine Fläche von 1.7 m²/Musiker, was als ausreichend beurteilt werden kann. Damit der Schall gut aus dem Teilbereich unter dem Überhang heraustreten kann, soll tendenziell die lichte Höhe umso höher sein, je weiter der Überhang in den Orchestergraben ragt. Da hier ca. 50% des Orchestergrabens bedeckt sind, ist eine lichte Höhe von 2.4 m als zu gering einzuschätzen. Proszeniumwände und -decke sind aufgrund ihrer Gestaltung nicht dazu geeignet, mittels starker früher Reflexionen die Schallübertragung im Orchestergraben zu unterstützen.

Zwischen den in Bild 2 angegebenen Positionen wurde jeweils die Impulsantwort aufgezeichnet. Als Maß für die

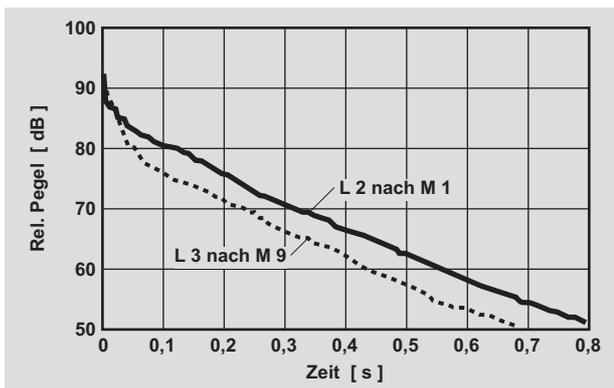


Bild 3: Oktavgefilterte Abklingkurven. Sendeposition (L), Empfangsposition (M) nach Bild 2, bei 1 kHz

Raumbedämpfung wurden daraus die Nachhallzeit, Early-Decay-Time (EDT) und Initial-Reverberation-Time (T_{15}) sowie Pegelabklingkurven berechnet. In Bild 3 sind die Abklingkurven beispielhaft nur für die Oktave bei 1 kHz dargestellt. Während der späte Nachhall im freien und überdeckten Teil fast gleich ist, unterschieden sich EDT und T_{15} deutlich. Im freien Teil des Grabens sind beide länger, was jedoch durch die bessere Ankopplung des freien Teils an das große Volumen des Zuschauerraums bedingt ist.

Aus den gemessenen Impulsantworten wurde das relative Stärkemaß G_d berechnet. Es gibt an, um wie viel der Schallpegel bei gleichem Abstand zwischen Sender und Empfänger vor Ort höher ist, als der Pegel im Freifeld. Wird die Differenz ΔG_d zwischen G_d - gemessen unter dem Überhang - und G_d - gemessen im freien Teil des Orchestergrabens (hier von L2 nach M3) - gebildet, so zeigt sich, dass im bedeckten Teil des Orchestergrabens G_d um bis zu 6 dB größer ist als im freien Teil (Bild 4). Dies ist auf Reflexionen der Raumbegrenzungsflächen unter dem Überhang zurückzuführen. G_d steigt hier tendenziell zu tiefen Frequenzen an, was zu einer Verdeckung der höheren durch die tiefen Frequenzanteile mit negativen Folgen für das Ensemblespiel führt [4].

Durch eine achtköpfige Streichergruppe (1. Violinen) ist an Pos. 2 (Bratschen) ein Pegel in *forte* von etwa 80 dB zu erwarten [5]. An der gleichen Position in gleicher Dynamik sind von den Hörnern ein ca. 5 dB, von der Tuba ein ca. 8 dB so-

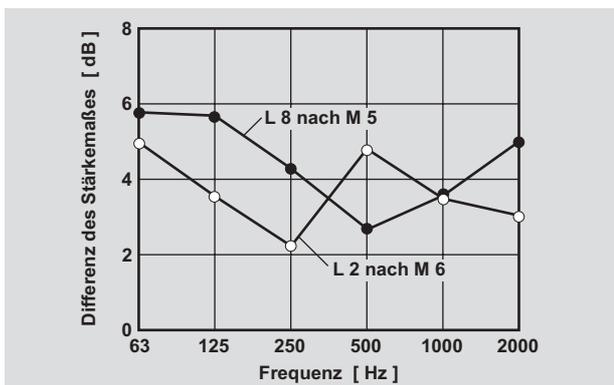


Bild 4: ΔG_d in Abhängigkeit von der Frequenz, bezogen auf Sendeposition L2 und Empfangsposition M3 nach Bild 2.

wie der Pauke ein ca. 6 dB höherer Pegel zu erwarten. Die Dominanz dieser Instrumente gegenüber den 1. Violinen an Pos. 2 bestätigt objektiv die Klage der Bratschen, dass sie die 1. Violinen schlecht hören. Als Folge kann das eigene Spiel und das der anderen Instrumente nicht richtig eingeschätzt werden. Die Musiker werden dazu verleitet, lauter zu spielen, als dem Zusammenspiel zuträglich ist. Um diesem bekannten Phänomen entgegenzuwirken, haben sich Maßnahmen bewährt, die gezielt die starken Instrumentenpositionen, besonders bei tiefen Frequenzen, dämpfen und die Kommunikation zwischen den Instrumentengruppen deutlich verbessern [6]. Vor allem sollte die Anregung von Eigenmoden unter dem Überhang vermindert werden [7].

Zur Lösung des Problems eignen sich innovative, nur 10 cm tiefe, modulare Breitband-Kompakt-Absorber BKA und Verbund-Platten-Resonatoren VPR. Eine exemplarische Auslegung ist in Bild 5 dargestellt. Diese Bauteile wurden schon erfolgreich in unterschiedlichen Umgebungen für Musiker eingesetzt [8], so z.B. in den Orchestergräben der Theater in Stuttgart, Flensburg und Mainz. Zur Zeit wird auch der Orchestergraben des Theaters in Duisburg entsprechend diesem Konzept umgebaut.

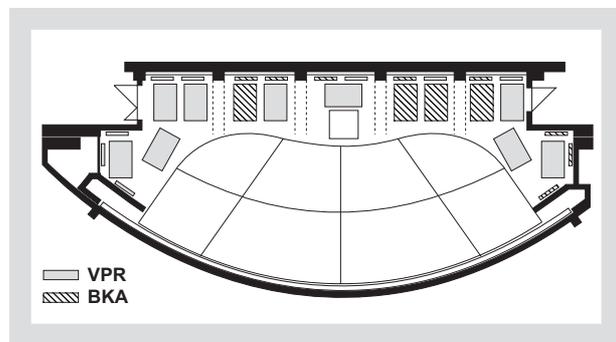


Bild 5: Skizze der Anordnung dämpfender Maßnahmen

Literatur

- [1] Naylor, G. M.: Problems and priorities in orchestra pit design. In: Proc. Inst. Acoust. 7 (1985), H. 1, S. 65 – 71
- [2] Mikl, K.: Orchestral music: An assessment of risk. Acoustics Australia 23 (1995), H. 2, S. 51 – 55
- [3] Mackenzie, R. K.: The Acoustic design of partially enclosed orchestra pits. In: Proc. Inst. Acoust. 7 (1985), H. 3, S. 237 – 243
- [4] Fuchs, H.V.; Zha, X.: Bessere Kommunikation durch "transparente" Raumakustik. Gesundheitsingenieur 120 (1999), H. 4, S. 159-168.
- [5] Meyer, J.: Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Frankfurt a. M.: Erwin Bochinsky, 1995
- [6] Zha, X.; Fuchs, H.V.; Drotleff, H.: Improving the acoustic working conditions for musicians in small spaces. Applied acoustics 63 (2002), H. 2, S. 203 – 221.
- [7] Zha, X.; Fuchs, H.V.; Hunecke, J.: Raumakustische Verbesserungen im Orchestergraben der Staatstheater Stuttgart. Bühnentechnische Rundschau 91 (1997), H 1, S. 22 – 31.
- [8] Zha, X.; Drotleff, H.; Nocke, C.: Raumakustische Verbesserungen im Probensaal der Staatstheater Stuttgart. Bauphysik 22 (2000), H. 4, S. 232-239.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
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