Raumakustisches ‚Upgrade' der Nationaloper Bukarest

Tobias Behrens, Wolfgang Ahnert

ADA Acoustics & Media Consultants, 13189 Berlin, E-Mail: info@ada-amc.eu

Einleitung

Die Nationaloper Bukarest litt seit je her unter einer sehr kurzen Nachhallzeit und zudem waren die Bedingungen zum Musizieren im Orchestergraben sehr ungünstig, so dass nutzungstypische Opern-Aufführungen unbefriedigend für Zuschauer und Akteure waren. Im Rahmen einer Baumaßnahme (2013-2015) wurden die raumakustischen Gegebenheiten allein durch Austausch von Oberflächenmaterialien auf eine für Opernbetrieb geeigneten Weise angepasst, wie auch der Orchestergraben eine neue, geeignete Primärstruktur erhielt.

Beschreibung des Zuschauersaals

Abbildung 1: Ansicht des Zuschauersaals, Blick Richtung Portal

Abbildung 2: Ansicht des Zuschauersaals, Blick aus dem Portal

Der Zuschauersaal hat einen hufeisenförmigen Grundriss mit umlaufenden Logen in 2 Ebenen und einem Rang. Das Raumvolumen bis zum Portal beträgt rund 6.200 m³. Mit 940 Zuschauerplätzen ergibt sich ein Pro-Kopf-Volumen von 6,6 m³/Platz. Das Erscheinungsbild des Zuschauersaals ist geprägt durch starken Einsatz von textilen Materialien (Teppichboden, rundum gepolstertes und textil bezogenes Gestühl, textile Wand- und Deckenbespannungen in den Logen, gepolsterte und textil bezogene Handläufe und Absturzsicherungen). Der Orchestergraben ist stark überdeckt und hat ein hohes bauliches Absorptionsaufkommen.

Abbildung 3: Gestühl und Bodenbelag, stark absorbierend

Abbildung 4: Absorbierende textile Bespannungen in den Logen (an Wände und Decke) und auf dem Rang

Abbildung 5: Starke Überdeckung des Grabens in absorbierender Lochplatten-Ausführung

Raumakustische Zielsetzung

Dem Saalvolumen von 6.200 m³ folgend lässt sich aus der Standardliteratur [1] unter Zugrundelegung einer Opern-Nutzung als Kompromiss zwischen Sprache und Musik eine Soll-Nachhallzeit von ≈ 1,5 s ansetzen. Das den Anforderungen aus der Literatur durchaus genügende hohe Pro-Kopf-Volumen macht deutlich, dass alleine durch eine Um-

wandlung unnötig absorbierender textiler Oberflächen im Saal in reflektierende Oberflächen eine deutliche Anhebung der Nachhallzeit erreicht werden sollte. Dabei muss natürlich sicher gestellt sein, dass keine nachteiligen Effekte wie z.B. Bühnenechos entstehen.

Auch im Orchestergraben waren die Bedingungen zu verbessern, hier musste die im Bestand starke Überdeckung und zu geringe lichte Höhe im Graben (siehe Abb. 5) geändert werden wie auch hier das viel zu hohe Absorptionsaufkommen reduziert werden.

Raumakustische Bestandserfassung

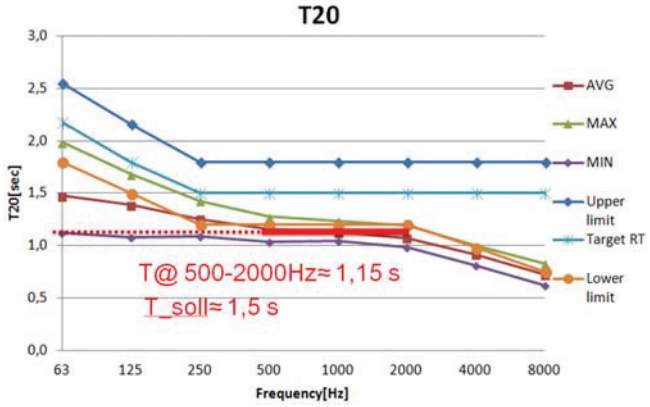

Abbildung 6: Gemessener Nachhallzeit-Verlauf (Mittelwerte, Maximal- und Minimalwerte) über der Frequenz mit Sollwert und Toleranzband, unbesetzter Zustand (© Radu Pana)

Zunächst wurden die raumakustischen Gegebenheiten des Saals messtechnisch erfasst. Dabei zeigten sich erwartungsgemäß sehr kleine Nachhallzeiten, mit mittelfrequenten Werten um 1,15 s. Dies steht der Soll-Nachhallzeit von 1,5 s entgegen. Auch andere Messgrößen zeigen starke Abweichungen von Sollwerten, so z.B. sind die Klarheitsmaße C_{80} mit Werten im Mittel von knapp 5 dB signifikant zu hoch.

Simulation

Zur Planung der raumakustischen Maßnahmen wurde der Saal in EASE 4.4 simuliert, wozu zunächst ein Modell erstellt wurde, das die nächsten beiden Abbildungen zeigen:

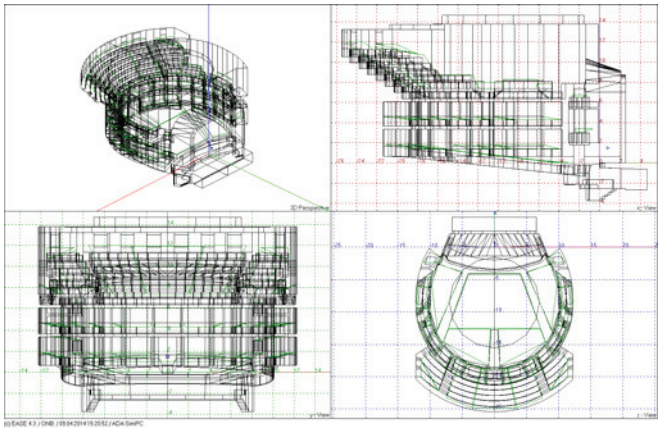

Abbildung 7: Drahtgitter-Ansichten des Simulationsmodells in EASE 4.4

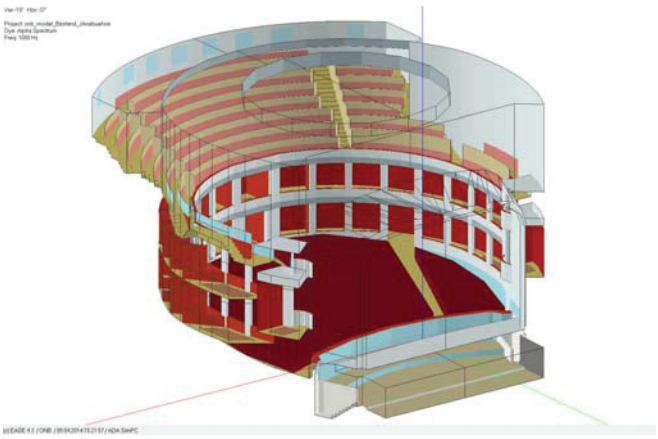

Abbildung 8: Gerenderte Ansicht des Simulationsmodells in EASE 4.4

Nun wurde das Modell an den gemessenen Nachhallzeit-Verlauf iterativ angepasst, sodann alle praxisgerecht umwandelbaren absorbierenden Flächen gegen schallharte Materialien ausgetauscht. Auch wurde der Orchestergraben im Modell in Primär- und Sekundärstruktur an die Erfordernisse angepasst. Das Ergebnis für die simulierte Nachhallzeit ist in nachfolgender Abbildung gezeigt:

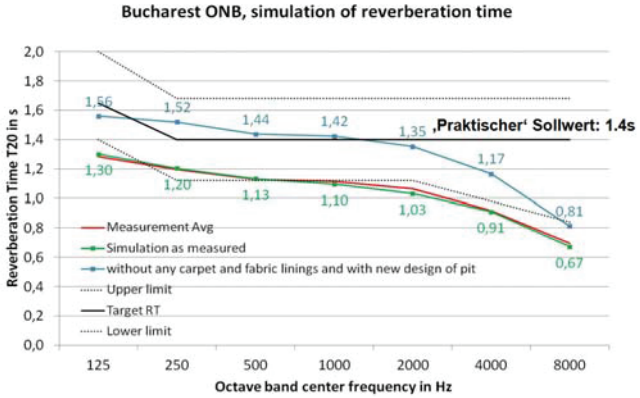

Abbildung 9: Simulierte (grün und blau) und im Bestand gemessene (rot) Nachhallzeit-Verläufe mit Sollwert (hier reduziert auf den ‚praktischen' Sollwert als Machbarkeitsgrenze von 1,4 s) und Toleranzband

Es zeigt sich, dass eine Anhebung der Nachhallzeit mittelfrequent um mind. 2 Zehntel Sekunden realistisch erscheint.

Ausführung und Ergebnis

Im Rahmen der Baumaßnahme wurden pragmatisch und konsequent alle entbehrlichen absorbierenden Flächen umgewandelt in reflektierende Flächen.

Abbildung 10: Gestühl und Boden nach Baumaßnahmen

So erhielt das Gestühl bei der Neuaufpolsterung reflektierende hölzerne Platten an der Lehnen-Rückseite und der Sitzflächen-Unterseite. Auch wurde der Teppichboden flächendeckend durch Holzparkett ersetzt.

Sämtliche zuvor textil bezogenen Wand- und Deckenflächen in den Logen wie auch die Absturzsicherungen im Rang wurden mit hölzernen Paneelen ausgeführt. Auch erhielten zuvor textil bezogene und gepolsterte Handläufe nunmehr Lederbezüge.

Abbildung 11: Logen und Rang nach Baumaßnahmen

Der Orchestergraben erhielt eine neue Geometrie, bei der insbesondere die im Bestand akustisch sehr nachteilige starke Überdeckung deutlich reduziert wurde. Dies wurde durch Verlegung der Bühnen-Vorderkante um ca. 1,3 m nach hinten (in Richtung Portal) realisiert. Auch wurde das Bodenniveau im Orchestergraben abgesenkt, so dass nun eine akustisch bessere und ergonomisch angenehmere lichte Höhe von 2,4 m vorhanden ist.

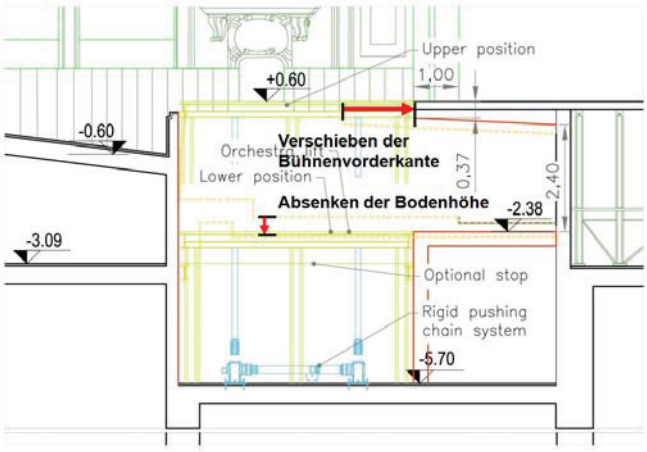

Abbildung 12: Orchestergraben mit geänderter Primärstruktur

Zur Reduzierung der resultierenden Schallpegel von lauten Instrumentengruppen zur Optimierung der Orchesterbalance lassen sich nun mobile Absorberpaneele gezielt an der Rückwand anbringen.

Abbildung 13: Orchestergraben nach Umbau

Nach Abschluss der Bauarbeiten wurde nochmals im Saal gemessen, das Ergebnis für die Nachhallzeit ist im Vorher-Nachher Vergleich nachfolgend dargestellt:

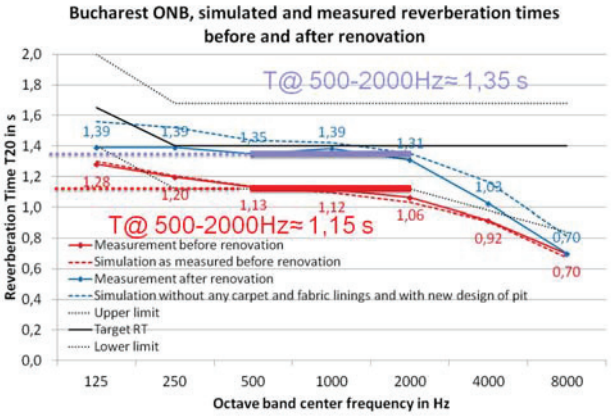

Abbildung 14: Gemessene Nachhallzeit-Verläufe vor (rot) und nach Umbau (blau) mit ‚praktischem' Sollwert und Toleranzband, unbesetzter Zustand

Es zeigt sich, dass in Realität mittelfrequent nun Nachhallzeiten um 1,35 s vorliegen, was den simulierten Werten recht nahe kommt. Damit konnte die Nachhallzeit wie angestrebt signifikant um 2 Zehntel Sekunden angehoben werden. Tieffrequent bleibt das Ergebnis etwas hinter den Erwartungen zurück; Grund u.a. ist, dass nicht überall die geforderten hohen Flächenmassen der Paneele realisiert werden konnten.

Auch andere raumakustische Messgrößen konnten durch die Umbaumaßnahmen deutlich verbessert werden, so z.B. das Klarheitsmaß C_{80}, das im Mittel um ca. 3 dB auf nunmehr unter 2 dB gesenkt wurde.

Auch nach dem Umbau treten trotz des großflächigen Austauschs von absorbierenden gegen reflektierende Oberflächen keine nachteiligen Effekte wie Bühnenechos auf, was auch schon die Simulationsergebnisse erwarten ließen.

Subjektiv wird der Umbau von Musikern, Bühnenakteuren, Zuschauern und der Presse sehr positiv kommentiert.

Literatur

[1] Wolfgang Fasold / Eva Veres: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen 1998