

# Die akustische Geschichte der Staatsoper Unter den Linden

M.L.S.Vercammen<sup>1</sup>, H.-P.Tennhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Peutz Consult GmbH, Knesebeckstr. 3, 10623 Berlin, E-Mail:mv@peutz.de

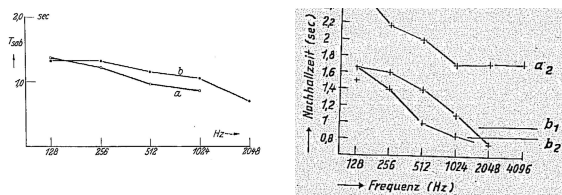
<sup>2</sup> Platanenweg 46, 12437 Berlin

## Einleitung

Die Staatsoper Unter den Linden in Berlin wurde als erste freistehende Hofoper Europa's 1742 erbaut. In Ihrer Geschichte wurde die Oper mehrfach zerstört, wieder aufgebaut (1842, 1942, 1945) sowie wiederholt umgebaut und erweitert (u.a. in 1788, 1910, 1928 und 1986). Derzeit steht eine weitere Umbaumaßnahme bevor, die in einigen Monaten beginnt, wobei das Gebäude denkmalgerecht saniert und die Technik erneuert werden soll. Ausgangspunkt dieses Umbaus ist die wesentliche Verbesserung der Akustik unter Beibehalt der architektonischen Gestaltung. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die akustische Geschichte dieses Opernhauses, sowie einen Ausblick über die geplanten Maßnahmen im Zuge der anstehenden Sanierung.

## Baugeschichte der Staatsoper

Die damalige Hofoper wurde 1743 als ein freistehendes Logentheater durch Friedrich den II. erbaut. Architekt war Georg Wenzeslaus von Knobelsdorff. Im Rahmen dieser Planung waren weder Seitenbühnen noch Bühnenturm vorgesehen. Das Parkett war eben, jedoch beweglich, und ohne feste Bestuhlung. Es gab 3 Ränge mit Logen und eine geneigte Bühne. 1788 wurde das Haus durch Karl Gotthard Langhans modifiziert. Ein ansteigendes Parket wurde realisiert und die Logenzwischenwände zurückgesetzt. Im Orchestergraben wurde ein Gewölbe integriert, um die Akustik mit dem so geschaffenen Resonanzraum zu verbessern. 1843 wurde das Interieur durch einen Brand zerstört. Durch Carl F. Langhans (den Jüngeren) wurde 1844 ein neuer Zuschauersaal mit 4 Rängen gestaltet, wobei die Größe der Oper beibehalten wurde. 1910 wurde ein Bühnenturm hinzugefügt. Der Langhans-Grundriss wurde 1928 mit der Hinzufügung von Seitenbühnen beseitigt. Der Verlust der historischen Gestalt wurde damals lebhaft beklagt. Die Oper wurde 1941 zerstört, 1942 aufgebaut und 1945 wieder zerstört. Architekt Paulick realisierte 1955 eine neue Gestaltung des Zuschauersaals „in Anlehnung“ an Knobelsdorff mit 3 Rängen und 1.488 Zuschauerplätzen (heute noch vorhanden). An der äußeren Kubatur der Oper hat Paulick vor allem den Bühnenturm geändert, wobei die Höhe des Bühnenturmes verringert und die Gestaltung an das vorhandene Gebäude angepasst wurde. Damit wurden



**Abbildung 1:** Gemessene Nachhallzeiten in der Langhans-Gestaltung, Links: vor 1941, aus [1], Rechts nach 1942, aus [2], beide im unbesetzten sowie im besetzten Zustand.

einerseits die Diskussionen über die Gestaltung der Oper beendet und andererseits die Baugrenzen für zukünftige Anpassungen festgelegt. Im Jahre 1986 wurde der Saal renoviert, wobei der Zuschaueranzahl auf 1.354 Plätze verringert wurde.

Bei jedem großen Umbau (1843 und 1950) wurde diskutiert, ob es sinnvoller sei, eine größere Oper an einem anderen Ort zu errichten. Die Abwägung des Für und Wider führte jedoch immer zur Entscheidung für den Umbau der bestehenden Oper.

## Die Akustik des ursprünglichen Hauses

Über die Akustik des ursprünglichen „Knobelsdorfer Baus“ gibt es keine objektiven Daten. Die Zuschauerzahl ist unbekannt, betrug wahrscheinlich um die 2.000 Personen.

Die Architektur entsprach einem typischen kleinen Opernhaus. Unter Berücksichtigung der Zuschauer muss die Akustik trocken und die Nachhallzeit in einer Größenordnung von ca. 1,0 s gewesen sein.

## Die Akustik der Langhans-Gestaltung

Obwohl die Gestaltung durch Carl F.Langhans d.J. (1843 bis 1941 u. 1942 bis 1945) 4 Ränge beinhaltet, ist aus den vorliegenden Grundrissen und Schnitten zu entnehmen, dass das Volumen nicht wesentlich größer gewesen sein kann, als im heutigen Zustand. Die Publikumanzahl betrug wahrscheinlich rund 1.800 Personen, erheblich mehr als jetzt (ca. 1.350). Von dieser Kubatur sind Nachhallzeiten bekannt, siehe Abb. 1, die einen starken Abfall zu hohen Frequenzen aufweisen. Mehrere Aussagen bestätigen, dass der Saal relativ trocken und durch die Absorption in hohen Frequenzen ziemlich dumpf war. Die Sprachverständlichkeit war dadurch relativ gut, die Klangqualität für Musik jedoch deutlich geringer.

## Die Akustik in der Paulick Gestaltung

Beim Wiederaufbau zwischen 1952 und 1955 wurden an der technischen Universität Dresden umfangreiche Untersuchungen an einem physikalischen Modell im Maßstab 1:20 durchgeführt [3]. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde erkannt, dass der Saal vor dem Krieg zu trocken war und eine längere Nachhallzeit wünschenswert gewesen wäre (hier wurde eine Nachhallzeit von 1,7s. genannt), aber das Volumen nicht ausreichend sei. Daraufhin hatte man sich auf einen Zielwert von 1,1 s (Mittelwert) geeinigt, also etwas länger als der Vorkriegszustand (0,9 s.). Realisiert wurde eine Nachhallzeit von ca. 1,0 s im besetzten Zustand (siehe Abb. 2). Die Bestuhlung ist gering absorbierend. Der Einfluss des (leeren) Bühnenturms und der Bühnenbilder kann, wie in jeder Oper, erheblich sein.

Um Tieftonabsorption zu realisieren, wurden die Brüstungen, der Deckenfries und die Treppen auf den Rängen mit Helmholtzresonatoren ausgestattet. Die Wandpaneele wurden leicht ausgeführt und mit Stoffspannung versehen. Die Maßstabsmodellmessungen

haben gezeigt, dass im Parkettbereich Fokussierungen möglich sind. Daher wurden bei einem Teil der Hinterwand im Parkettbereich die Wandpaneele hinter der Stoffbespannung perforiert und der Hohlraum mit Mineralwolle versehen. Bei der Renovierung 1986 hat sich gezeigt, dass es 1955 zu einem Baufehler gekommen ist: nicht nur die hinteren Paneele im Parkettbereich, sondern alle Paneele auf den Rängen waren ebenfalls gelocht. Durch die Helmholtzresonatoren und die Lochabsorber steigen die gemessenen Nachzeiten in den tiefen Frequenzen kaum an, nur der Einfluss des Bühnenturmes ist zu erkennen.

### Rekonstruktion 1983-1986

Im Zuge der Renovierung 1986 wurde im Parkettbereich ein (diffusierender) Regieraum eingebaut, wodurch die Wandabsorption im hinteren Parkettbereich entfallen konnte. Gleichzeitig wurden auf Grund der Erkenntnis, dass nicht nur diese Paneele, sondern alle Wandpaneele schallabsorbierend ausgeführt waren, alle Wandpaneele ersetzt. Untersuchungen [4] haben ergeben, dass die Textilbespannung nur bei sehr hohen Frequenzen ( $\alpha=0,2$  bei 12 kHz) absorbiert, wenn die Bespannung direkt auf die Holzplatten montiert ist. Im Orchestergraben wurden schallabsorbierende Materialien durch schallstreuende Paneele ersetzt. Durch den Wegfall von Sitzplätzen mit schlechten Sichtlinien wurde die Zuschaueranzahl auf 1.354 reduziert. Diese Maßnahmen haben zu einer geringen Erhöhung der Nachhallzeit geführt, siehe Abbildung 2.

Eine wichtige Änderung war darüber hinaus die Anpassung der Proszeniumdecke, wobei der Winkel zur Horizontale von  $30^\circ$  auf  $8^\circ$  reduziert wurde. Mit der erreichten Verbesserung war der Saal immer noch relativ trocken. Auch die Rückkopplung aus dem Saal für Musiker und Sänger ist gering. 1996 wurde in der Oper ein elektroakustisches System zur Nachhallverlängerung installiert. Obwohl die ersten Reaktionen positiv waren, wird der Saal noch immer als trocken empfunden, ohne dass die Rückkopplung zu den Musikern wesentlich verbessert wurde.

### Volumen und Stärkemaß

Wenn man die Lindenoper mit anderen wichtigen Opernhäusern (z.B. [5]) vergleicht, ist die Staatsoper mit  $6.500 \text{ m}^3$  das kleinste dieser Opernhäuser. Die Opernhäuser, die in [5] als „sehr gut“ oder als „gut bis sehr gut“ bezeichnet werden, haben (mit einer Ausnahme) alle ein Volumen von deutlich mehr als  $10.000 \text{ m}^3$ . Die Abbildung 3 zeigt einen Vergleich der Volumenkenzahl ( $\text{m}^3/\text{Person}$ ) und Nachhallzeit (besetzt) von 32 Opernsälen. Auf Grund der vorhandenen Absorption pro Person kann die Nachhallzeit die Werte im grauen Bereich nicht erreichen. Sowohl Volumenkenzahl ( $4,8 \text{ m}^3/\text{pp}$ ) als auch die Nachhallzeit sind

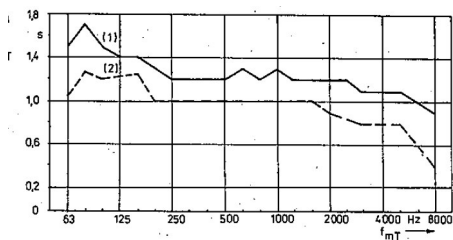


Abbildung 2: Nachhallzeit im besetzten Zustand, EV offen (mit Bühnenbild): (1) 1986, (2) 1955 [4]

bei der Staatsoper niedrig im Vergleich zu anderen Häusern. Das Risiko eines geringen Volumens ist die zu hohe Lautheit. Mit einem Verlust von ca. 50% der Schallenergie im Bühnenhaus kann das Lautstärkemaß im Nachhallfeld bestimmt werden mit:  $G = 28 - 10 \log(V / 24T)$  [dB].

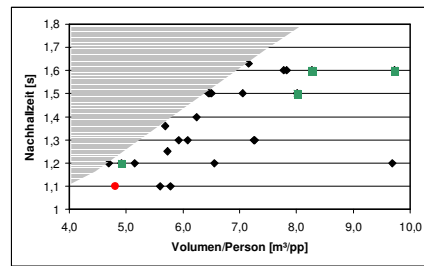


Abbildung 3: Verhältnis zwischen gemessener Nachhallzeit (1kHz, besetzt) und spezifischem Volumen für 32 Opernhäuser (u.a.[5]). Die grünen Rechtecke sind Säle, die als sehr gut beurteilt werden. Die Staatsoper Berlin ist rot markiert.

Die Lautstärke ist abhängig von der Kapazität in Bezug auf das Publikum. Somit gehört die Staatsoper mit einem berechneten  $G \approx 4 \text{ dB}$  zu den lautesten Sälen. (Bereich für  $G$ :  $-0,5$  bis  $4,5 \text{ dB}$ ).

### Ausblick

Ziel der Sanierung der Staatsoper ist neben der Erhaltung des denkmalgeschützten Zuschauersaales aus 1955/1983 die erhebliche Verbesserung der Akustik ohne elektroakustische Anlagen. Entsprechend dem Beispiel der Semperoper Dresden wird ein Nachhall bei mittleren Frequenzen im besetzten Zustand um die 1,6 s gewünscht. Aus Abb. 3 ist zu entnehmen, dass für 1,6 s eine Volumenkenzahl von minimal  $7,0 \text{ m}^3/\text{Person}$  benötigt wird. Bei 1.400 Personen ergibt sich dabei ein Volumen von  $9.800 \text{ m}^3$ . Eine solche Volumenerweiterung von ca. 50% (!) zu realisieren ist nicht einfach. Ein Beibehalten der Außenmauern und der Innenraumgestaltung macht einen vergrößerten Grundriss unmöglich. Ein Absenken des Bodens würde zu großen Problemen im Unterbühnenbereich führen. Die einzige Möglichkeit besteht darin, den Binderraum oberhalb des Zuschauersaals zu nutzen. Komplexe statische Lösungen ermöglichen eine Anhebung der historischen Decke um ca. 5 m und eine Erweiterung des Grundrisses in der 4. Ebene bis zu den Außenmauern. Damit wird einerseits der bestehende Saal von Paulick weitgehend erhalten, andererseits bekommt der Zuschauersaal ein deutlich größeres Volumen sowie eine verbesserte Akustik.

### Literatur

- [1] E.Meyer, V.Jordan, Nachhallzeiten von Konzerträumen und Schallschluckung der Zuhörerschaft, Elektrische Nachrichtentechnik, nr 7, 1935
- [2] K. Weisse, Leitfaden der Raumakustik für Architekten, 1949
- [3] W.Reichardt, Die Akustik des Zuschauerraumes der Staatsoper Berlin, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 1956
- [4] B.Marx,H-P.Tennhardt, Raum- und Bauakustische Aspekte bei der Rekonstruktion der Deutschen Staatsoper Berlin, Bauforschung Baupraxis, Bauakademie, 1991
- [5] Hidaka, L.Beranek, Objective and subjective evaluations of twenty-three opera houses in Europe, Japan and the Americas, J.Acoust.Soc.Am.107(1),Jan.2000