

AKUSTIK IN HOFTHEATERN DES 17. UND 18. JAHRHUNDERTS

Dorothea Baumann

Dieser Beitrag beruht auf den Dokumentationen einer grossen Zahl von Theatern, welche für eine Forschungsarbeit der Autorin in einer Datenbank erfasst wurden.¹ Bei der Arbeit an dieser ständig wachsenden Sammlung mit Angabe von Baujahr, Dimensionen, Nachhallzeit, Anzahl der Plätze und Angaben zum Innenausbau wird deutlich, dass die Daten zu vielen Theatern lückenhaft sind, da solche Bauten oft durch Brände zerstört wurden und auch infolge der häufigen Umbauten ständigen Veränderungen unterworfen waren. Zudem sind entsprechende Quellen oft verloren gegangen.² Umso wichtiger ist die genaue Dokumentation einer möglichst grossen Zahl von Theatern auf Grund von Plänen als Hintergrundinformation und um Vergleiche mit den nur zum Teil erhaltenen Theatern zu ermöglichen. Eine Auswertung dieser Informationen zu mehr als 500 Theatern, die nach ihrer Größe gruppiert und erfasst wurden, zeigt, dass der Umbruch im Theaterbau vom 18. zum 19. Jahrhundert vor allem sozial motiviert war. Dieser Prozess erstreckte sich über längere Zeit und der genaue Verlauf in den beteiligten Ländern hing von der lokalen Sozialgeschichte ab.

-
- 1 Mein Dank geht an Dr. Arch. Christina Niederstätter, Klobenstein (Ritten), Südtirol für die grafischen Analysen in Abbildung 1 und 6.
BAUMANN 2011, S. 148–149, 170–171. Die dort präsentierten Forschungsergebnisse werden im Folgenden zum Hoftheater des 17. und 18. Jahrhunderts vertieft und weiterentwickelt.
 - 2 HAMMITZSCH 1906; SEMPER 1904; NICOLL 1966; ZIELSKE 1971; LEACROFT 1984; FORSYTH 1985; LANGE 1985; SCHRADER 1988; DANIEL 1995.

1 Größenkategorien im Theaterbau des 17. und 18. Jahrhunderts

Für das 17. und 18. Jahrhundert lassen sich folgende Größenkategorien definieren:

	Raumtyp	Sehr klein	Klein	Mittel	Groß	Sehr groß
	Breite	< 9 m	9 – 12 m	12 – 15 m	15 – 20 m	> 20 – 29m
	Länge	≥ Breite	10 – 15m	12 – 25 m	15 – 30 m	L = B
A	Privat- und Hoftheater					
B	Hof- u. öffentliche Theater					
C	Große Theater, Festtheater					

Aus der tabellarischen Zusammenstellung wird ersichtlich, dass es neben kleinen Hof- und Privattheatern für wenige 100 bis 1000 Zuhörer (Kategorie A) auch größere, für geladenes oder zahlendes Publikum zugängliche Theater von einigen Hundert bis über 1500 Plätzen gab (Kategorie B), deren Zuschauerraum trotz der Zunahme der Platzzahl dank der Einführung von Rängen mit Logen die Größe eines heutigen Kammermusiksaales nicht überschritt. Die Begrenzung der Größe wurde nicht nur visuell (begrenzte Distanz der Zuschauer zur Bühne), sondern nachweislich auch akustisch begründet, um die Stimmen nicht zu überfordern, da deren Reichweite begrenzt ist. Am Anfang der Baugeschichte der Theater- und Oratoriensäle, die von Italien aus im Laufe des 17. Jahrhunderts alle europäischen Länder erfassen sollte, stellte Alessandro Guidotti (um 1600) im Vorwort zu *La Rappresentatione di Anima e di Corpo* von Emilio de' Cavalieri (1550–1602) fest: »[...] Teatro o vero sala, quale per essere proporzionata a questa recitazione in musica, non doveria esser capace, al più, che di mille persone, le quali stessero a sedere commodamente, per maggior silenzio e soddisfazione loro: chè, rappresentandosi in sale molto grandi, non è possibile far sentire a tutti la parola, onde sarebbe necessitato il cantante a forzar la voce, per la qual causa l'affetto scema, e la tanta musica mancando all'udito la parola, viene noiosa.«³

Bereits im 18. Jahrhundert gab es einzelne Logenrangtheater der Kategorie C, welche die übliche innere Raumbreite von 12–15 m um mehr als 5 m überschritten, wie das 1735–1737 für Karl VII. von Bourbon (1716–1788) erbaute Teatro San Carlo in Neapel mit 2550 Plätzen und das Teatro alla Scala in Mailand mit 3000 Plätzen, das 1778 durch Kaiserin Maria Theresia (1717–1780) eröffnet wurde. Ihr hufeisenförmiger Zuschauerraum, welcher an der breitesten Stelle die bautechnisch herausfordernde innere Breite von 21,50 m (Mailand) und 22,50 m (Neapel) erreichte, ist mit mehr als 10.000 m³ vom

³ CAVALIERI 2007.

Raumvolumen her vergleichbar mit den großen Opernhäusern, wie sie erst im Laufe des 19. Jahrhundert häufiger wurden (beispielsweise London, Covent Garden [1858, 12.240 m³] oder Paris, Opéra Garnier [1875, 9.960 m³]). Die oft noch größeren, häufig im Freien errichteten Festtheater können in dieser Darstellung nicht berücksichtigt werden.⁴

Bezüglich der Hof- und Schlosstheater wird die Beobachtung Hans Langes zur Entwicklung des höfischen Theaterbaus in Deutschland auch für die anderen geografischen Gebiete bestätigt: »Der feudalabsolutistische Schlosstheaterbau, der im 18. Jahrhundert an den deutschen Höfen seine größte Blütezeit erreicht hatte, mündet unter dem Einfluss der Aufklärung und der französischen Revolution konsequent in die Epoche der öffentlichen Hof- und Nationaltheater ein, die den nunmehr konstitutionellen Höfen ebenso entsprechen wie vorher die Schlosstheater den absolutistischen. Der Wandel von der höfisch-repräsentativen zur raisonierenden bürgerlichen Öffentlichkeit zeitigt als Nebenergebnis die Entstehung eines neuen veränderten Schlosstheatertypus. Indem die großen Logenrangtheater aus dem Bereich des Schlosses heraustreten, die Höfe aber nicht auf ein Privattheater, über das sie unmittelbar und allein verfügen, verzichten wollen, ergibt sich die Notwendigkeit, ein intimes Saaltheater im Schloss zu belassen bzw. für die veränderten Bedürfnisse umzubauen.«⁵

2 Theoretische Kenntnisse der Schallausbreitung und die Formen des Zuschauerraums

Seit Beginn des neuzeitlichen Theaterbaus im 16. Jahrhundert wurde das vom römischen Architekten Marcus Vitruvius Pollio (1. Jh.) um etwa 30 n. Chr. überlieferte antike Wissen zur Schallausbreitung intensiv diskutiert.⁶ In der Antike verglich man die Ausbreitung von Schallwellen mit den Oberflächenwellen des Wassers und beobachtete, dass Schall an festen Hindernissen wie an einem Spiegel reflektiert wird. Auf solchen Reflexionen und der relativ langsamen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls beruht das Phänomen des Echos und des Nachhalls. Nach Leonardo da Vincis (1452–1519) Zeichnungen von »Schallstrahlen«, die von Hammerschlägen ausgehen und an einem Hindernis reflektiert werden, und seinen vom antiken Theater inspirierten Skizzen von Räumen mit ansteigenden Sitzreihen aus dem späten 15. und frühen 16. Jahrhundert⁷

4 Zu den Festtheatern gehört das im 1. Stock des Palazzo Pilota errichtete Teatro Farnese in Parma (1619), dessen Zuschauerraum 44 × 29 × 22,65 m misst und ein Volumen von rund 29.000 m³ umfasst; siehe BAUMANN 2011, S. 29–30, fig. 8b.

5 LANGE 1985, S. 15, Anm. 16 und 20, S. 16–19: Hoftheater außerhalb Deutschlands.

6 VITRUVIUS 1987, Einleitung, S. 10.

7 WINTERNITZ 1982, S. 97–98 (zu reflektierten Schallstrahlen in Ms. Milano, Bibl. Ambros. Codex Atlantico C.A. f. 126 ra, entstanden 1478–1519); LEONARDO DA VINCI 1939, Bd. 2, S. 42–52 (Skizzen mit den

befassen sich erst im 17. Jahrhundert mehrere Publikationen mit der Schallausbreitung und den geometrischen Regeln der Reflexionen, zunächst in mathematischen Traktaten zur Optik und Astronomie, dann in Schriften, welche sich mit Akustik auseinandersetzen. Zu den bekanntesten Autoren gehört der Jesuitenpater Athanasius Kircher (1602–1680), der seit 1623 spektakuläre akustische Erfindungen vorführte und mit zum Teil haltbaren, aber auch mit unhaltbaren Theorien erklärte.⁸ 1636 analysierte auch der Minoritenpater Marin Mersenne (1588–1648) in seiner *Harmonie universelle* die Schallausbreitung.⁹ Beide Patres diskutierten und korrespondierten mit einem großen Kreis von gelehrten Kollegen.

Diese schriftlichen Dokumente zeigen ein besonderes Interesse für die Schallreflexionen an einer elliptisch gekrümmten Decke, die von einer Schallquelle in einem der beiden Brennpunkte ausgehend sich im anderen Brennpunkt konzentrieren, wodurch sich eine sehr wirksame Flüstergalerie bauen lässt.¹⁰ Vom Jesuiten und Mathematiker Mario Bettini (1582–1657) ist eine 1642 publizierte Zeichnung erhalten, welche seitliche Schallreflexionen an einer elliptisch gekrümmten Wand darstellt. Auch hier wird erläutert, dass der Schall sich im zweiten Brennpunkt der Ellipse konzentriert. Bettini empfiehlt, diesen Effekt für die beste Position der Fürstenloge zu verwenden.¹¹

Spätestens seit dem Bau des Refektoriums für den Orden der Oratorianer im Baukomplex der *Chiesa nuova* in Rom 1639–1640 durch Francesco Borromini (1599–1677) ist die Beobachtung dokumentiert, dass entlang einer elliptisch gekrümmten Wand eine Zone von Schallreflexionen entsteht, von welcher davor sitzende Zuhörer profitieren: »Si trattò [...] della forma dello stesso refettorio proponendo il padre col consiglio di molti di farlo ovato per dar maggiore comodità al dubbio d'esser sentito da tutti.«¹² Diese Erkenntnis hatte Einfluss auf die Theaterbautheorie und Architektur, denn sie begründete schließlich die Regel, dass die Kurve des Grundrisses die Qualität der Theaterakustik bestimme.¹³

Tatsächlich ist die architektonische Form des Zuschauerraums ein wichtiges Kriterium zur Gewinnung allgemeiner Aussagen über dessen Akustik, da sie die Schallver-

Bezeichnungen »teatri per uldire [sic] messa«, »loco dove si predica« und »Teatro da predicare« aus Ms. B, f. 52 recto); FORSYTH 1985, S. 14, Abb. 1.9 (Zeichnungen aus Paris, Institut de France, Ms. B [2173], f. 55a, entstanden 1486–88).

8 KIRCHER 1684, insbes. S. 72.

9 MERSENNE 1636, Bd. 1, S. 35–40, Proposition XXVII: Comme les Architectes doivent bastir les voûtes pour leur donner [...] la forme de l'Ellipse afin d'aider les sons [...], sowie: Propositions XXVIII mit weiteren geometrischen Untersuchungen.

10 KIRCHER 1650, Buch IX, S. 301; FORSYTH 1985, S. 80–81, Abb. 3.7; BAUMANN 2011, S. 32–33.

11 BETTINI 1642, X: in quo musica, proposition; VIII: Teatra eliptica scenicis Eloqujis aptissima. Siehe: <https://www.digitale-sammlungen.de/index.html?c=viewer&bandnummer=bsb11199744&pimage=239&v=2p&nav=&l=de> [letzter Zugriff am 14.10.2016]; TAMBURINI 1984, S. 18, Anm. 22.

12 CONNORS/DELLA ROCCHETTA 1983, S. 48.

13 FORSYTH 1985, S. 80.

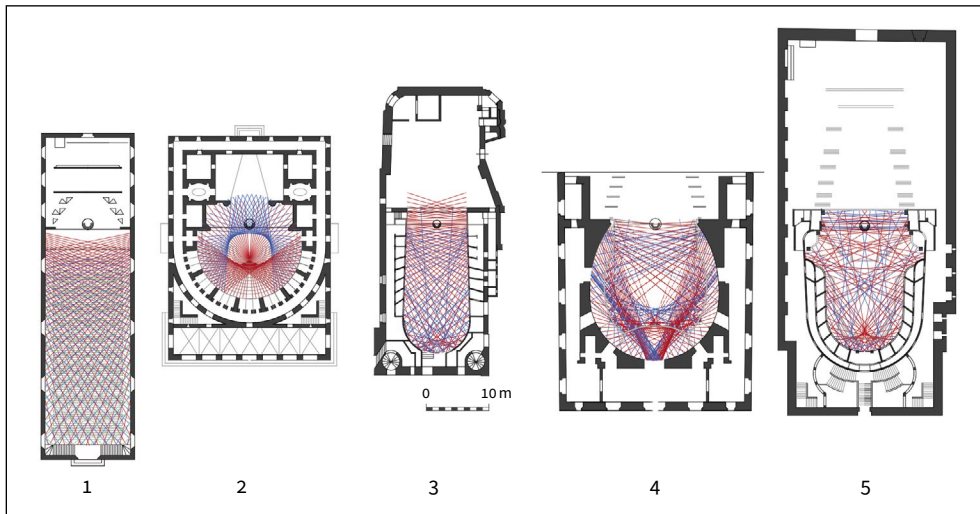


Abbildung 1. Grundrissstypen von Theatern: 1 Rechteck: Ulm, Stadttheater, 1641, Joseph Furtenbach d. Ä.; 2 Halbkeis: Projekt 1762, Vincenzo Arnaldi: Halbkreis mit 5 Logenrängen (Masse des Grundrisses hier wie St. Petersburg, halbrundes Theater in der Eremitage 1785); 3 U-Form: Wien, Burgtheater 1756, Fr. W. Weisskerns; 4 Gekapptes Oval: Schönbrunn bei Wien, Schlosstheater 1767 (Reflexionen an der Rangbrüstung und an den Saalwänden); 5 Lyra: Bayreuth, Markgräflisches Opernhaus 1748.

teilung bestimmt. Heute erfolgt die geometrische Analyse der Schallverteilung anhand von realen oder digitalen 3D-Modellen, aber die historisch allmählich entwickelte und verfeinerte zweidimensionale Analyse des Grundrisses erlaubt wichtige Erkenntnisse bei entsprechender Berücksichtigung der Schallausbreitung im Quer- und Längsschnitt, d. h. bei schrittweiser Interpretation der gewählten Darstellungsebene.¹⁴

3 Grundrissstypen im Theaterbau

Die Grundrissformen der Hoftheater dieser Zeit entsprechen jenen der öffentlichen Theater. In ihrer inneren Organisation zeigen sich wegen der höfischen Funktion jedoch einige besondere Eigenheiten (Fürstenloge im 1. Rang am Ende des Zuschauer- raums oder in der Nähe der Bühne, besondere Treppen, Trompeterlogen u. a.). Schlosstheater sind oft kleiner und ältere Theatertypen des 16. und frühen 17. Jahrhunderts. Zudem sind diese in diesem Bereich nicht nur öfter erhalten geblieben, sondern wurden auch im 18. Jahrhundert weiter gebaut. Dazu gehören besonders kleine Theatersäle mit

¹⁴ BAUMANN 2011, S. 113–115.

halbrundem Grundriss und ansteigenden Sitzreihen, Säle ohne seitliche Logen oder Galerien und solche mit nur einem Rang.

Bei den Theatersälen finden sich die folgenden wichtigen Grundrisstypen: der rechteckige Saal, das halbrunde Theater mit ansteigenden Sitzreihen nach antikem Vorbild, das daraus durch Verlängerung der Seitenwände abgeleitete U (oft mit ansteigenden Sitzreihen im halbrunden hintersten Teil), das gekappte Oval und das Hufeisen, mit etwas stärker gestreckten, zur Bühne hin sich annähernden Seitenwänden, und die sogenannte Lyra- oder Glockenform, ein U mit Logenrängen, die nicht ganz bis zum Proszenium reichen, und konvex nach vorne gerichteten Abschlusslogen (Abb. 1).

3.1 Rechteck

Die Theater des 17. und 18. Jahrhunderts wurden meistens in bestehende Säle eingebaut. Sie haben daher im einfachsten Fall einen durch die Außenmauern begrenzten rechteckigen oder quadratischen Grundriss. Diese Form findet sich häufig als langgestrecktes Saaltheater, nur mit Bühne, ohne Galerien oder Logen, wie beim Stadttheater für Ulm (1641,33 × 13,50 × 9 m; siehe Abb. 1.1) von Joseph Furttendach d. Ä. (1591–1667), oder mit nur einer Galerie am Saalende, wie beim Theatersaal des Scheremetjew Palais in St. Petersburg, der über eine hervorragende Akustik verfügt.¹⁵ Ein rechteckiger Grundriss sorgt in kürzester Zeit für eine regelmäßige Schallverteilung. Da die Akustik sehr ausgeglichen und bei genügender Raumhöhe und geeignetem Innenausbau von hoher Qualität ist, ermöglichen solche Säle eine flexible Nutzung. Sie können von vorne, von der Seite, von hinten oder vom Parkett aus bespielt werden.

Auch das Ekhoftheater im Schloss Friedenstein in Gotha ist ein Rechtecksaal mit zwei offenen Rängen aus Holz (Abb. 2).

Das Theater wurde 1681 in einen rechteckigen Saal von 22 × 11 × ca. 9 m eingebaut, wobei der quadratische Zuschauerraum mit 11 m Länge genau die Hälfte der Gesamtlänge ausmacht, während die andere Hälfte durch die Bühne eingenommen wird. Seine heutige Form erhielt das Theater 1774. Es wurde 1998 letztmals renoviert, hat seither 165 Sitzplätze im Parterre und zwei Ränge geringer Tiefe mit Stehplätzen. Daher sind die Rangbrüstungen für die jetzt dort sitzenden Besucher zu hoch und die Sitzbänke mussten entsprechend erhöht werden. Ursprünglich hatten nur die Herrschaften bequeme Sessel in der Loge im 1. Rang an der Saalrückwand. Die Wände sind aus glattem Putz, die Decke aus stark kassettiertem Holz, die Rangbrüstungen aus Holz mit Halbsäulen auf geschlossenen Holzflächen. Da die dünnen Holzpaneele der Brüstungen

¹⁵ Messung durch WAVES Audio am 26.10.2004, siehe: http://www.acoustics.net.russia/hermitage_theatre.de [letzter Zugriff am 27.8.2005].



Abbildung 2. Ekhoftheater im Schloss Friedenstein in Gotha 1774, Blick von der Bühne zur Ehrenloge.

tiefe Frequenzen absorbieren und die Halbsäulen und die Kassetten der Holzdecke für günstige Diffusität sorgen, ergibt sich – zusammen mit der günstigen Raumform – eine ausgezeichnete Akustik. Die Bühne ist wegen der geringen Saallänge und der darauf abgestimmten Perspektive praktisch nur im Proszenium bespielbar, da Personen im Bühnenbild sofort als »Riesen« erscheinen. Die Vorbühne ist auch akustisch für Schauspieler und Sänger der beste Ort, da das perspektivische Bühnenbild mit fünf Kulissengassen den Schall stark absorbiert.

3.2 Halbkreis

Seit der erneuten Rezeption der Schriften von Vitruvius im späten 15. und 16. Jahrhundert wurden vom antiken Vorbild inspirierte Theater mit ansteigenden Sitzreihen aus Holz errichtet.¹⁶ Im 17. und 18. Jahrhundert war dieser Theatertypus auch

¹⁶ Beispiele sind: das Teatro Olimpico in Vicenza (1585), das eine halbe Ellipse ist, oder das Teatro Olimpico in Sabbioneta (1590), das leicht zum U verlängert ist.

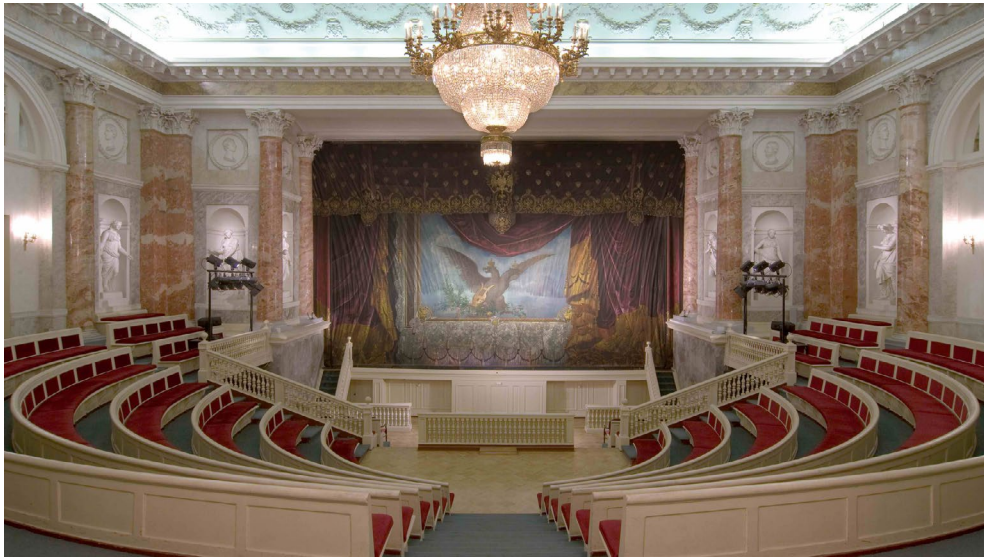


Abbildung 3. St. Petersburg, Hermitage Theater 1783–1787, Blick vom Zuschauerraum zur Bühne.

für feste Theater in Innenräumen in Gebrauch, jedoch selten als reiner Halbkreis.¹⁷ Abgesehen von den Problemen wegen der rasch schlechter werden Sicht auf die Guckkastenbühne bei Entfernung von der Mittelachse ergeben sich auch akustische Probleme. Im reinen Halbkreis mit stark ansteigenden Sitzreihen gibt es außer den Deckenreflexionen fast keine den Direktschall verstärkenden Schallreflexionen, denn der von unten an die halbrunde Außenwand gelangende Schall wird im gleichen Winkel nach oben wegreflektiert und erreicht die Hörer nicht. Die Schallkonzentration im Mittelpunkt des Halbkreises entsteht im Bereich der Orchestra oder von allenfalls dort sitzenden Hörern nur, wenn die halbrunde Rückwand mindestens einer Sitzreihe frei ist, die tiefer liegt als die Vorbühne oder Bühne. Dass dennoch störende Schallkonzentrationen entstehen können, zeigt das Projekt für ein halbrundes Theater mit 5 Logenrängen und 10 ansteigenden Sitzreihen von 1762 von Vincenzo Arnaldi (18. Jh.) (siehe Abb. 1.2 oben): hier läge dieser Brennpunkt zwar über den Köpfen der Orchestermusiker und Zuhörer, aber die Reflexionen am Halbrund würden die Sänger auf der Bühne als Reflexionen 2. Ordnung, d. h. nach Auftreffen auf zwei Oberflächen mit störender zeitlicher Verzögerung erreichen. Auch die nach oben über die Decke verlaufenden Reflexionen tragen diese Tendenz zu Schallkonzentrationen weiter. Ob sie günstig oder ungünstig in Erscheinung treten, hängt von der Decken-

¹⁷ Zum Beispiel das Theater im Neuen Palais Potsdam (1766) ist etwas verlängert zum U und das Theater im Schloss Gripsholm (1781) ist ein Dreiviertelkreis mit gewölbter Decke.

form ab und benötigt in jedem Fall eine graphische Analyse des dreidimensionalen Reflexionsverlaufs.

Genau diesen Grundriss (ohne Logen) verwendet Giacomo Quarenghi (1744–1817) im 1783–85 für den russischen Zaren erbauten halbrunden Theater in der Eremitage in St. Petersburg (Abb. 3).

Auch hier ist das Problem der Schallfokussierung in einem einzigen Brennpunkt vermieden, da das Orchester und die Vorbühne sich außerhalb des Halbkreises befinden. Der Radius des Halbrunds beträgt 8.25 m, die Saallänge bis zum Proszeniumsrand 13.80 m, die Raumbreite 16.50 m, die Raumhöhe 10.50 m. Auf den ansteigenden halbrunden Sitzreihen haben 250 Personen Platz. Da die Raumwände mit Marmor verkleidet sind, hat das voll besetzte Theater trotz des kleinen Volumens von 7900 m³ eine ungewöhnlich lange Nachhallzeit von 1,41 Sekunden.¹⁸ Wegen der über die ebene Decke verlaufenden, zeitlich relativ stark verzögerten Reflexionen über zwei Flächen mit den erwähnten Schallkonzentrationen 2. Ordnung ist der Nachhall unruhig.

3.3 Halbkreis zum U verlängert

Wird der Halbkreis zum U verlängert, so ist die Sicht zur Bühne im Parkett und in den Logen am Ende des U sehr gut, in seitlichen Logen allerdings trotz schrägen oder offenen Logentrennwänden nur auf den vordersten Logenplätzen einigermaßen gut, da der Blick zur Bühne nur auf gedrehten Stühlen oder mit gedrehtem Kopf oder stehend möglich ist. Das U ist jedoch die ideale Form für ein Publikum, das auch sich selbst betrachten will. Ein solches Theater bietet weit mehr Plätze als der Halbkreis und dank Seitenwandreflexionen die Voraussetzungen für sehr gute Akustik, sofern die eingebauten Logen und die Saaldecke nicht zu viele Bässe absorbieren (mehr dazu in Abschnitt 5).

Diese Voraussetzungen waren im Alten Burgtheater in Wien erfüllt (1741 gebaut, 1756, 1761 und 1796 renoviert). Der Zuschauerraum hatte vier Ränge und war mit 10.30 m zwischen den Brüstungen sehr schmal. Die innere Länge betrug mit 23.60 m mehr als die doppelte Breite, die Höhe vom Parkett zur Decke 12 m.¹⁹ Der Saal hatte ein Volumen von 3.700 m³ und die Nachhallzeit im besetzten Raum wurde für mittlere Frequenzen mit 1,1 sec berechnet.²⁰ Das Theater war wegen seiner hervorragenden Akustik äußerst beliebt. 1888 wurde es zum Bedauern von Schauspielern und Publi-

18 Messung durch WAVES Audio am 26.10.2004. Siehe: http://www.acoustics.net.russia/hermitage_theatre.de [letzter Zugriff am 27.8.2005].

19 SEMPER 1904, S. 204, Fig. 132.

20 MEYER 2015, S. 184 für 1779 (nach SINGER 1958, S. 220); WEINZIERL 2002, S. 151–153 berechnet nur 0,7 sec bei einem Volumen von 3700 m³ (mit angekoppelten Volumen und am Modell verifiziertem Restschallabsorptionsgrad). Siehe dazu die Bemerkung in Abschnitt 4 und 6 unten.



Abbildung 4. Wien, Burgtheater, Gemälde von Gustav Klimt, 1888.

kum abgerissen.²¹ Bis zum Umbau des Tuchlaubensaals im Jahre 1830 diente es auch als Konzertsaal. Dank einer heute so nicht mehr möglichen dichten Bestuhlung hatte es ohne Logen 1300 Sitzplätze (1822 wurden mit den Logen sogar 1624 Sitzplätze angeboten) [Abb. 4].²²

Die Schallverteilung ist in diesem Raum beinahe so ausgewogen wie in einem langgestreckten Rechtecksaal (siehe Abbildung 1.3), obwohl die Seitenwände nach hinten leicht auseinanderweichen. Im Halbrund am Saalende entsteht eine Schallkonzentration, welche diesen mit ansteigenden Sitzreihen ausgestatteten Teil des Parketts und alle darüberliegenden Logen mit der Kaiserloge intensiver beschallt.

²¹ BAUMANN 2011, S. 153.

²² MEYER 2015, S. 184–185.

3.4 Hufeisen und gekapptes Oval

Die beliebteste Form für die bereits im 18. Jahrhundert vereinzelt sehr großen Theater war das gekappte Oval oder der hufeisenförmige Grundriss mit zur Bühne hin sich annähernden, gestreckten Seitenwänden. Die beiden Formen werden in den Beschreibungen nicht immer klar unterschieden. Das Oval wird in verschiedenen theoretischen Schriften besonders gelobt, nun in der Annahme, dass die darin ungehinderte Ausbreitung der Stimme eine gute Akustik garantiere.²³ In der praktischen Umsetzung führt jedoch die Verbindung zwischen Saal und Guckkastenbühne zu Problemen, da ein großes gekapptes Oval leicht zu einer unpraktisch breiten Bühnenöffnung führt.²⁴

Der Grundriss des Theaters im Schloss Schönbrunn in Wien entspricht genau einem gekappten Oval. Diese elegante Form ist für ein kleines Schlosstheater ungewöhnlich, aber dank der geringen Dimensionen bot der Bühnenanschluss kein Problem: das Theater ist von der Brüstung der Kaiserloge bis zur Bühne nur 13 m lang und das Oval ist so gekappt, dass sich ohne Proszenium eine Bühnenöffnung von damals üblicher Breite von 10,60 m ergibt (das ist 1,10 m breiter als im Alten Burgtheater).²⁵ An der breitesten Stelle zwischen den Brüstungen misst das Theater 13 m, zwischen den Saalwänden 15,60 m. Es ist 13 m hoch und hat 408 Plätze. Das Theater hat nur eine Galerie und im heute wieder hergestellten Zustand von 1767 darüber eine Reihe kleiner Balkone als Andeutung eines 2. Rangs. Wie in den hufeisenförmigen Theatern befinden sich die akustisch besten Plätze am Ende des Ovals und in der hier im 1. Rang liegenden elliptischen Kaiserloge (siehe Abbildung 1.4 oben).²⁶ Der Architekt des 1747 eröffneten Theaters, Nikolaus Pacassi (1716–1790), der auch für andere Bauten des Wiener Hofes verantwortlich war, wurde auch Berater bei der Planung des Teatro alla Scala (1778).

1737 galt das von Antonio Medrano (1703–1760) und Angelo Carasale (gest. 1742) errichtete und seither mehrmals renovierte Teatro San Carlo in Neapel als das größte Hoflogentheater seiner Zeit. Es hat sechs Ränge und ist mit 22,50 m an der breitesten Stelle gleich breit wie hoch und mit 25,00 m 2,50 m länger als breit. Das Saalvolumen beträgt 12.375 m³, die Nachhallzeit heute 1,25–1,05 sec für 500–1000 Hz.²⁷ 1751 verfügte das Theater über 2550 Sitzplätze, welche im 20. Jahrhundert aus feuerpolizeilichen Gründen auf 1414 reduziert wurden.

Das 1778 von Kaiserin Maria Theresia eröffnete Teatro alla Scala in Mailand, ein hufeisenförmiges Logentheater mit sechs Rängen, welches 22 m lang, 21,50 m breit

²³ TAMBURINI 1984, S. 17–18, insbes. Anm. 23.

²⁴ LEACROFT, S. 86 und fig. 132: Bemerkung zum Theater von Cosimo Morelli in Imola 1779–80.

²⁵ SEMPER 1904, S. 204.

²⁶ https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Sch%C3%B6nbrunner_Schlosstheater.jpg [letzter Zugriff am 14.10.2016]; ENDMAYER 1984.

²⁷ BERANEK 1996, S. 606.

und 20 m hoch ist,²⁸ folgte mit geringen Abweichungen dem Modell von San Carlo in Neapel.²⁹ Es bot damals 3000 Plätze (heute sind es aus feuerpolizeilichen Gründen nur 2289 Plätze).³⁰ Das Saalvolumen beträgt 11.250 m³, die Nachhallzeit vor der Renovation von 2004 nur 1,25–1,15 sec für 500–1000 Hz.³¹

Der Schall konzentriert sich in dieser Grundrissform in Zonen, die den konkav gekrümmten Wänden folgen, wodurch in allen Logen direkt an der Brüstung und im hinteren Teil des Parterres eine sehr gute Akustik entsteht. Die auch hier für die vordersten Logenplätze gelobte Klarheit des Klanges wurde im Teatro San Carlo messtechnisch bestätigt.³² Die genaue Schallverteilung eines hufeisenförmigen Theaters hängt auch von der Saalbreite, ihrem Verhältnis zur Saalhöhe und von der Deckenform ab, die in der Scala leicht quergewölbt ist, wodurch die in der Saalmitte dünnere Lateralbeschallung durch Deckenreflexionen zum Teil kompensiert wird.

Diese beiden Theater erreichten eine Raumgröße, welche erst seit im 19. Jahrhundert für die großen öffentlichen Opernhäuser üblich war und die bis Anfang des 20. Jahrhunderts nicht überschritten wurde.

3.5 Lyra- oder Glockenform

Die von der Theaterbauerfamilie Galli-Bibiena besonders gepflegte, sogenannte Lyra- oder Glockenform bringt durch die konvexe Gegenkrümmung für die vordersten Logen eine ausgezeichnete Sicht zur Bühne. An diesen konvexen Seitenwandflächen entstehen zudem zusätzliche Reflexionen, welche die Akustik im vorderen Parterre auch für das Orchester und die Sänger verbessern. Dies sind die Gründe, weshalb Theater dieser Grundrissform zu den akustisch Besten gehören.

Eines der schönsten Theatern dieses Typs ist das 1748 von Giuseppe Galli-Bibiena (1696–1757) errichtete, heute noch erhaltene Markgräflische Opernhaus in Bayreuth (siehe Abbildung 1.5 oben).³³ Der Zuschauerraum ist zwischen den Rangbrüstungen mit 12,85 m etwas breiter als die halbe Länge von 23,85 m und hat mit 9,50 m Höhe ein Höhen-Breiten-Verhältnis von annähernd 3:4. Der 5500 m³ umfassende Saal hat 1300 Sitzplätze. Da der vorderste Saalbereich nicht mit Logen ausgestattet ist und der

28 SEMPER 1904, S. 484; siehe: <http://www.rossinigesellschaft.de/data/pict/theater/scalap.jpg> und <http://www.in-lombardia.de/images/Theater-in-Mailand%2C-Lombardei-zum-Besichtigen.jpg> [letzter Zugriff am 14.10.2016].

29 HAMMITZSCH 1906, S. 83–86; siehe: <http://www.unav.es/ha/007-TEAT/dumont/encyclopedia-theatres-017.jpg> [letzter Zugriff am 14.10.2016].

30 GARNIER 1871, Appendix.

31 BERANEK 1996, S. 355.

32 IANNACE 2000, S. 247.

33 SCHRADER 1985.



Abbildung 5. Bayreuth, Markgräfliches Opernhaus 1748, Blick aus der Ehrenloge zur Bühne.

Anschluss zur Decke über dem obersten, dritten Rang durch eine hohe geschlossene Fläche erfolgt, ist die Nachhallzeit im besetzten Raum trotz der reichen Dekorationen mit 1,0 Sekunden für mittlere Frequenzen relativ lang,³⁴ was die Akustik für Sänger und Orchester sehr angenehm macht. Die Stuckaturen sorgen für eine ausgezeichnete Schalldiffusität. Die zur Herrscherloge und ins Publikum gerichteten Trompeterlogen links und rechts der Bühne und die vollständig erhaltenen Verbindungstreppen zwischen Parterre und erstem Logenrang dienten dem Hofzeremoniell. Der Blick aus der Ehrenloge zeigt einen Teil dieser besonderen Treppenzugänge und den dem 1. Rang vorgelagerten Zwischenrang mit Stehplätzen (Abb. 5).

4 Dreidimensionale Schallausbreitung im Theater

Da die Schallausbreitung ein dreidimensionaler und zudem zeitlich verzögert ablaufender Vorgang ist, ist der Grundriss nur einer der Faktoren, welcher die Akustik beeinflusst, aber wie die geometrischen Analysen zeigen, ein wesentlicher.

³⁴ MEYER 2015, S. 184

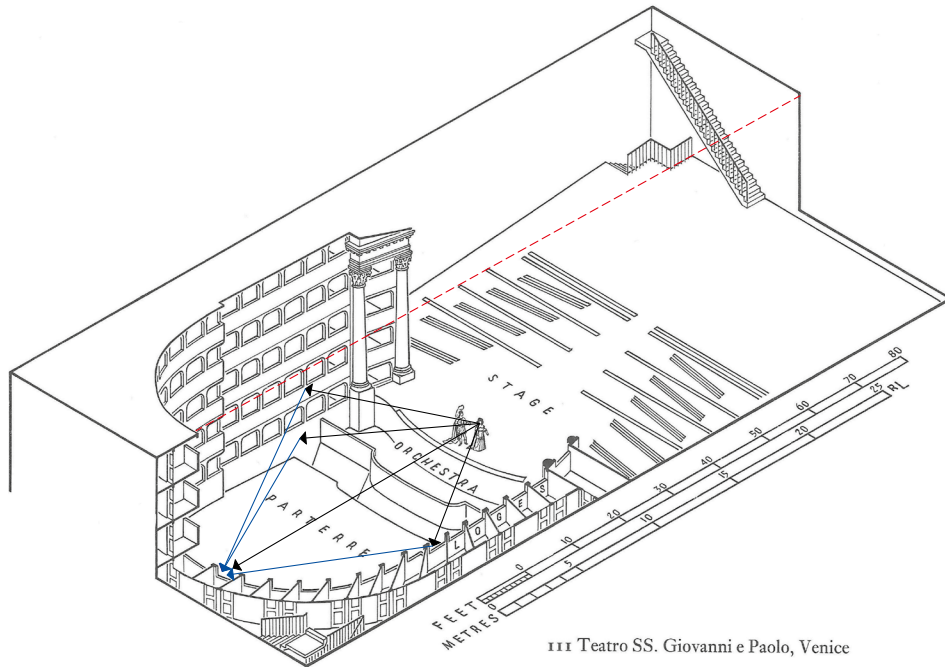


Abbildung 6. Dreidimensionale Schallausbreitung am Beispiel des Teatro SS. Giovanni e Paolo, Venedig 1654.

Die dreidimensionale Schallausbreitung wird im Folgenden anhand des U-förmigen Logentheaters SS. Giovanni e Paolo, Venedig 1654, schematisch für einen Ort der Schallquelle und einen ausgewählten Zuhörerort dargestellt (Abb. 6).

Sie verläuft über folgende Schallwege: ausgehend von einer Sängerin, die im Bereich des Proszeniums auf der Bühne steht, erreicht der Schall die hier als Beispiel eines Hörplatzes in der Ehrenloge am Ende des U ausgewählte Position als Direktschall und als Reflexionen über die linke Wand, über die rechte Wand und die Decke. Durch weitere, über zwei oder drei Flächen laufende Reflexionen entsteht eine zeitlich gestaffelte Abfolge von leiseren, durch Absorption mehr oder weniger stark verfärbten, aber sonst identischen Schallsignalen, welche in der Wahrnehmung zu einem einzigen Schallereignis zusammengefasst werden.³⁵ Je mehr Reflexionen kurz hintereinander eintreffen, desto intensiver und transparenter ist der Schalleindruck. Dabei sind seitlich eintreffende Reflexionen wegen der höheren Seitenschallempfindlichkeit unseres Hörsinns für die Schallverstärkung und Erhöhung der Transparenz besonders wirksam.

Die später eintreffenden Reflexionen erzeugen den Eindruck des Nachhallens. Die tatsächliche wahrgenommene Dauer des Nachhallens hängt von der Lautstärke des

35 BAUMANN 2011, S. 79.

produzierten Schalls ab. Zur vergleichenden Beurteilung der Raumakustik bestimmt man deshalb die messtechnisch normierte Nachhallzeit, die definiert wird als:

$$T = 0,163 \times (\text{Volumen } V / \text{Absorption } A).$$

Die frequenzabhängige Absorption A berechnet sich als Summe aller Teilflächen S aus verschiedenen Materialien, jeweils multipliziert mit dem materialspezifischen Absorptionsfaktor α . Man kann die Nachhallzeit T berechnen, wenn man die Absorptionsfaktoren aller vorkommenden Materialien und die von ihnen bedeckte Fläche kennt. Um die Absorptionsfaktoren zu kennen, muss man diese anhand von Materialproben im Labor messen.³⁶ Dies geschieht in der Regel für Frequenzen von 125 bis 4000 Hz.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass genaue Angaben zu den Raumdimensionen, zur Form aller Raumbegrenzungsflächen und zu den Materialien und Oberflächenstrukturen des Innenausbaus und der Baukonstruktion notwendig sind, um Aussagen über die Akustik in einem Theater machen zu können. Es ist deshalb wichtig, diese Angaben aufgrund von Plänen und anderen Dokumenten so genau als möglich zu verifizieren.

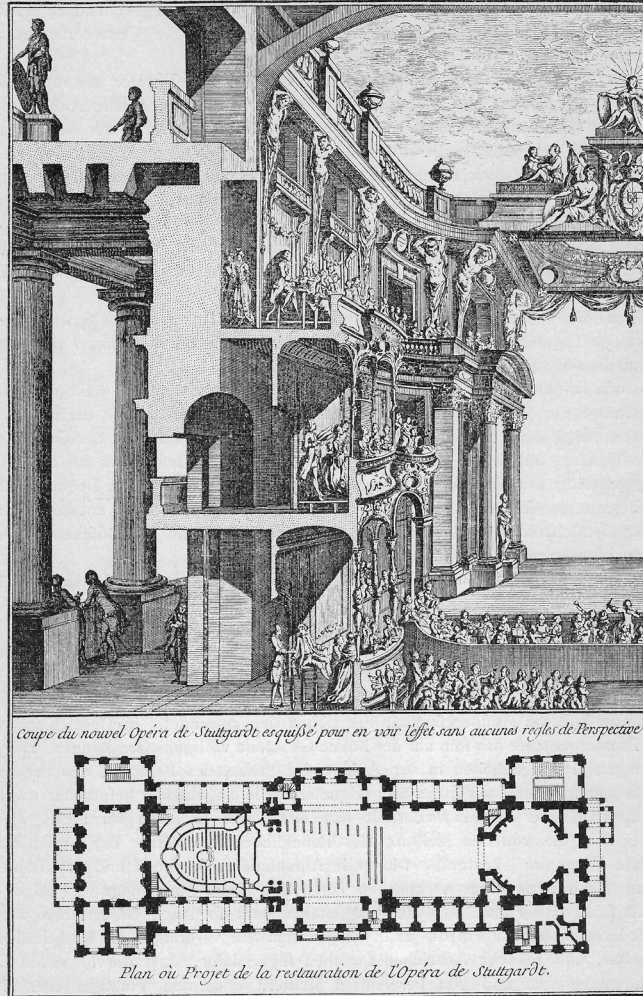
5 Seitenwände als Reflektoren

Logen haben einen großen Einfluss auf die Akustik des Zuschauerraums, weil Schall, der in die Logen gelangt, dort meistens weitgehend absorbiert wird. Bei einem bis zur Decke mit Logenrängen bestückten Theater wirken nur die Logenbrüstungen als reflektierende Wandflächen. Deshalb sind die italienischen Logen mit hohen Logenbrüstungen günstiger für die Saalakustik als die französischen Logen mit niedrigeren Brüstungen. Der reflektierende Flächenanteil der Brüstungen beträgt bei italienischen Logen etwa 50 %, bei französischen Logen nur etwa 30–40 % der bedeckten Außenwandfläche. Bei den weit offenen französischen Logen und bei offenen Galerien – wie in dem 1750 von Philippe de la Guépierre projektierten Hoftheater in Stuttgart – kann die hohe Absorption wegen der geringeren Brüstungsfläche jedoch durch reflektierende Logenrückwände und die Wandflächen oberhalb der Logen und Galerien zu einem gewissen Grad kompensiert werden. Für die Berechnung von Nachhallzeiten kann der in den Logen und Galerien absorbierte Schall am Modell verifiziert werden (Abb. 7).³⁷

36 MEYER 2015, S. 149.

37 Siehe Anm. 24.

Fig. 21.



Altes Hoftheater zu Stuttgart.

Arch.: De La Guépierre.

Abbildung 7. Projekt Hoftheater Stuttgart, 1750, Philippe de la Guépierre. Plan und Ansicht mit französischen Logen und offener Galerie.

6 Das Proszenium als Verbindungselement zwischen Bühne und Zuschauerraum

Bühne und Zuschauerraum eines Theaters sind in der Regel durch ein Proszenium optisch und akustisch miteinander verbunden. Die Spieltiefe der Bühnen war im betrachteten Zeitraum nur schon aus optischen Gründen gering, da ein Hineingehen in das

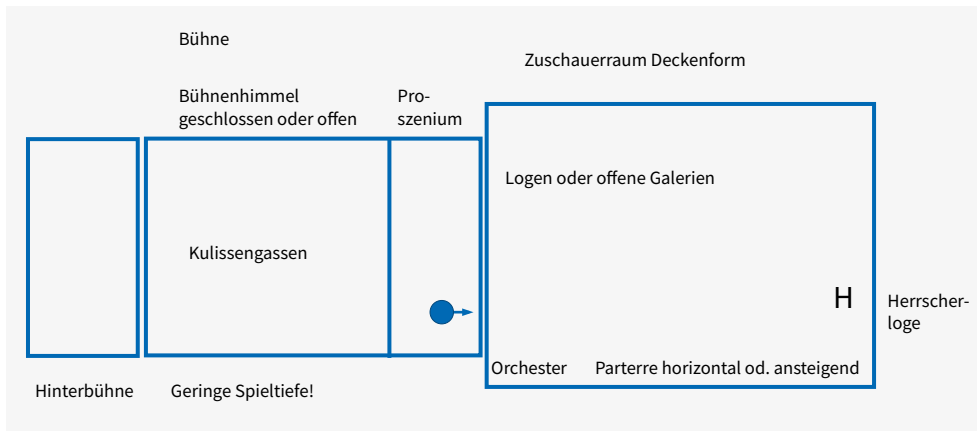


Abbildung 8. Schematische Schnittdarstellung der Funktion des Proszeniums.

perspektivische Bühnenbild die Personen nach wenigen Schritten übernatürlich groß erscheinen lässt. Das Proszenium war die wichtigste Spielfläche. Sein Boden, die seitlichen Flächen, die auch mit Logen ausgestattet sein können, und die meist horizontale Decke bildeten die wichtigsten Reflexionsflächen zur Unterstützung der akustischen Verbindung zwischen Bühne und Orchester. Die Begrenzungsflächen des Proszeniums unterstützen zudem die Wirkung der Stimmen im Zuschauerraum durch die hier entstehenden Reflexionen wie ein Schallverstärker. Wenn das Proszenium fehlt, wie dies beim gekappten Oval oder auch beim Hufeisen-Grundriss vorkommt, übernehmen die vordersten Logenbrüstungen und der vorderste Bereich der Saaldecke diese Funktion (Abb. 8):

Dass man sich der akustischen Funktion dieser Deckenfläche bewusst war, spiegelt sich im ständigen Experimentieren mit Veränderungen in diesem Bereich, besonders der Höhe des Proszeniums und der Schrägstellung der Proszeniumsdecke. Die Schrägstellung wurde in den größer werdenden Theatern zunehmend eingesetzt, um durch Hinauslenken der Deckenreflexionen die Beschallung des Zuschauerraums zu verbessern. Der Vorteil der besseren Beschallung wird durch einen gravierenden Nachteil er-

kauf: Die Sänger auf der Bühne, aber auch die Musiker im Orchester verlieren einen wesentlichen, Verbindung schaffenden Reflektor. Sie hören sich gegenseitig und selbst viel schlechter.³⁸

Folgende Faktoren haben einen Einfluss auf die Akustik eines Theaters: der Bühnenhimmel (offen oder geschlossen); angekoppelte Raumteile wie Seitenbühnen, Hinterbühne, offene Gänge zu Galerien, Logen (Absorption, verzögerte Reflexion); die Gestaltung des Proszeniums bzw. des vordersten Saalbereichs; die Materialien des Innenausbaus und der Konstruktion; die Oberflächenbeschaffenheit (glatt, porös, strukturiert, fest oder in Schwingung versetzbar – schwingende Platten absorbieren Bässe); das Proszenium und der Zuschauerraum (Form, Ausrichtung der Begrenzungsflächen, Oberflächenstruktur), die Zahl und Anordnung der Sitz- und Stehplätze. All dies bestimmt die Struktur des Nachhalls (zeitliche Staffelung, räumliche Verteilung der Reflexionen) und die frequenzabhängige Nachhallzeit T .³⁹

7 Vergleich der Räume anhand des Raumvolumens und des Raumdämpfungsmaßes

Das durch den Akustikingenieur Jürgen Meyer vorgeschlagene Raumdämpfungsmaß D_A , welches einen Vergleich der erforderlichen Schallleistung bei Beschallung durch die gleiche Schallquelle in verschiedenen Räumen ermöglicht,⁴⁰ ist die Differenz zwischen dem Schallleistungspegel der Schallquelle L_w und dem im Raum erreichten Schalldruckpegel (im statistischen Schallfeld) L_p . Diese Größe lässt sich in der Praxis zum Vergleich verschiedener Räume bei gleichbleibender Schallquelle (beispielsweise einem Orchester gleicher Größe) anwenden, ohne dass die tatsächliche Schallleistung der Quelle bekannt sein muss. Folgende Angaben werden zur Berechnung benötigt: das Raumvolumen des Zuschauerraums und die Nachhallzeit T (im besetzten Raum). Wenn keine Messung der Nachhallzeit T im besetzten Raum vorliegt, muss diese berechnet werden. Dazu werden die Materialeigenschaften gemessen oder bei historischen Räumen durch vergleichbare Messwerte ersetzt. Dies kann je nach eingesetzten Werten zu gewissen Abweichungen der Resultate führen, die bei einer vergleichenden Betrachtung jedoch meist vernachlässigbar sind, wenn die Berechnung für die verschiedenen Räume aufgrund derselben Voraussetzungen erfolgt.

38 Die Vergrößerung des Orchesterraums auf Kosten des Proszeniums und die Absenkung entwickelte sich erst im Laufe des 19. Jahrhunderts. Dazu BAUMANN 2015, S. 127–142.

39 Die Angabe bzw. Berechnung von T erfolgt in der Regel für mittlere Frequenzen von 500 bis 1000 Hz (T_m) oder für Frequenzen von 125 bis 4000 Hz.

40 MEYER 2015, S. 151 und 270, Abb. 177; BAUMANN 2011, S. 108–111 und Abb. 177.

Nach Bestimmung des Raumdämpfungsmaßes zeigt sich deutlich, dass es unter den betrachteten Theatern Gruppen mit ähnlichen akustischen Anforderungen gab. So liegen das Alte Wiener Burgtheater (1756) und das Markgräfliche Opernhaus in Bayreuth (1748), Theater der Kategorie B mit einem Raumvolumen von 5100 bis 5500 m³ und mittleren Nachhallzeiten von etwa 1 Sekunde mit einem Raumdämpfungsmaß von 22 bis 24 dB, recht nahe beieinander.

In den größten Opernhäusern des 18. Jahrhunderts der Größenkategorie C, einer Kategorie, die erst im 19. Jahrhundert allgemein gebräuchlich wurde, zu welcher die bereits erwähnten Hoftheater San Carlo Neapel und La Scala Mailand mit einem Zuschauerraum von 11.250–12.375 m³ gehören, müssen die Musiker ein zwei- bis dreimal größeres Raumvolumen füllen als bis dahin üblich. Trotz längeren Nachhallzeiten für mittlere Frequenzen von etwas über 1 Sekunde ist das Raumdämpfungsmaß in diesen großen Theatern deshalb um 3 bis 6 dB grösser als in den kleineren Theatern des 17. und 18. Jahrhunderts. Um eine Dämpfung von 3 dB zu kompensieren, muss eine etwa doppelt so große Orchesterbesetzung eingesetzt werden, um die gleiche subjektive Lautstärke wie in den kleinen Theatern zu erreichen; 6 dB mehr erfordert eine Vervierfachung.⁴¹ Eine entsprechende Zunahme der Orchesterbesetzung lässt sich für die Streicher tatsächlich beobachten. Aus demselben Grund erfolgten im Instrumentenbau bautechnische Maßnahmen zur Vergrößerung der Schalleistung. Die Singstimmen mussten jedoch durch Stimmbildung und Erfahrung zu besserer Leistung gebracht werden. Umso bedenklicher ist bei der Benützung der großen Theater deshalb die Tatsache, dass seit dem 20. Jahrhundert das Singen im Proszenium meist nicht mehr möglich ist, weil man diesen Platz dem in diesen Bereich hinein verschobenen Orchester zugeteilt hat.⁴² Akustisch ebenso nachteilig ist das heute übliche Bespielen der Bühne in die Tiefe hinein. Wenn wir von den heutigen Opernhäusern mit ihren herausfordernden Bedingungen in noch erhaltene Barocktheater zurückkehren, ist eine entsprechende Anpassung der Gesangs- und Spieltechnik notwendig: diese Räume sind zugleich intim, kammermusikalisch und intensiv.

Abbildungsnachweise

- Abb. 1 HAMMITZSCH 1906, S. 100, 109, 157, 190–191, Fig. 72, 76, 107, 133 und 134; ENDMAYR 1984, S. 23a, Abb. 10.
Abb. 2 Nachweis: Foto, Stiftung Schloss Friedenstein Gotha.
Abb. 3 <http://www.saint-petersburg.com/museums/hermitage-museum/hermitage-theatre/> (public domain).

41 BURGHÄUSER/SPELDA 1971, S. 146; BAUMANN 2011, S. 110 und 323.

42 BAUMANN 2014, S. 67–84, insbes. S. 82.

- Abb. 4 Wien Museum, Wien.
Abb. 5 Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen, München.
Abb. 6 Zeichnung Christina Niederstätter nach: LEACROFT 1984, S. 67, Abb. 111.
Abb. 7 SEMPER 1904, S. 41, Fig. 21.
Abb. 8 Zeichnung Dorothea Baumann.

Literatur

- BAUMANN 2011: Baumann, Dorothea: Music and space, a systematic and historical investigation into the impact of architectural acoustics on performance practice, followed by a study of Handel's Messiah, Bern 2011.
- BAUMANN 2015: Baumann, Dorothea: Wagner-Orchester und Proszenium: Herausforderung für den Theaterarchitekten Gottfried Semper, in: Baldassarre, Antonio (Hg.): Communicating music: Festschrift für Ernst Lichtenhahn zum 80. Geburtstag, Bern 2015, 127–142.
- BAUMANN 2014: Baumann, Dorothea: Architectural Scenery, Spatial Illusion and Theatre Acoustics, in: Amann, Raymond u. a. (Hg.): Festschrift Tilman Seebass, Innsbruck 2014, S. 67–84.
- BERANEK 1996: Beranek, Leo: Concert Halls and Opera Houses, Woodbury 1996.
- BETTINI 1642: Mario Bettini, *Apiarium universae philosophiae mathematicae: in quibus paradoxa et nova pleraque machinamenta ad usu eximios traducta, & facilimis demonstrationibus confirmata*, Bologna 1642.
- BURGHAEUSER/SPELDA 1971: Burghaeuser, Jarmil; Spelda, Antonín: Die akustischen Grundlagen des Orchestrierens, Regensburg 1971.
- CAVALIERI 2007: Cavalieri, Emilio de': *La Rappresentatione di Anima e di Corpo*, hg. von Murray C. Bradshaw (= American Institute for Music, Miscellanea, Bd. 5), Middleton 2007.
- CONNORS/DELLA ROCCHETTA 1983: Connors, Joseph; Giovanni Incisa della Rocchetta: *Documenti sul complesso borrominiano alla Vallicella, 1600–1800*, Rom 1983.
- DANIEL 1995: Daniel, Ute: *Hoftheater. Zur Geschichte des Theaters und der Höfe im 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart 1995.
- DUMONT 1968: Dumont, Gabriel Pierre Martin: *Parallèle de plans des plus belles salles de spectacles d'Italie et de France*, o. O. o. J. [Paris 1764–1765], Nachdruck, New York 1968.
- ENDMAYR 1984: Endmayr, Gerhard: *Das Schönbrunner Schlosstheater*, Wien 1984.
- FORSYTH 1985: Forsyth, Michael: *Buildings for music. The architect, the musician and the listener from the seventeenth century to the present day*, Cambridge 1985.
- GARNIER 1871: Garnier, Charles: *Le Théâtre*, Paris 1871.
- HAMMITZSCH 1906: Hammitzsch, Martin: *Der moderne Theaterbau*, Berlin 1906.

- IANNACE 2000: Iannace, Gino, u. a.: Objective measurement of the listening condition in the old Italian opera house Teatro di San Carlo, in: *Journal of Sound and Vibration* 232/2000, S. 239–249.
- KIRCHER 1672: Kircher, Athansius: *Phonurgia nova*, Campidonae 1672.
- KIRCHER 1684: Kircher, Athansius: *Neue Hall- und Tonkunst*, Nördlingen 1684.
- LANGE 1985: Lange, Hans: *Vom Tribunal zum Tempel, zur Architektur und Geschichte Deutscher Hoftheater zwischen Vormärz und Restauration*, Marburg 1985.
- LEACROFT 1984: Leacroft, Richard und Helen: *Theatre and playhouse: an illustrated survey of theatre building from ancient Greece to the present day*, London u. a. 1984.
- DA VINCI 1939: Da Vinci, Leonardo: *Literary Works*, hg. von Jean Paul Richter, Oxford 1939.
- MERSENNE 1636: Mersenne, Marin: *Harmonie universelle*, 2. Ausg., 3 Bde., Paris 1636.
- MEYER 2015: Meyer, Jürgen: *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*, 6. erw. Aufl., Bergkirchen 2015.
- NICOLL 1966: Nicoll, Allardyce: *The development of the theatre: a study of theatrical art from the beginnings to the present day*, 5. Ausg., London 1966.
- PATTE 1782: Patte, Pierre: *Essai sur l'architecture théâtrale ou l'ordonnance la plus avantageuse à une sale de spectacle relativement aux principes de l'optique et de l'acoustique [...]*, Paris 1782.
- SAUNDERS 1790: Saunders, George: *A treatise on theatres*, London 1790.
- SCHRADER 1985: Schrader, Susanne: *Das Markgrafentheater in Bayreuth: Studien zum Hoftheatertypus des 18. Jahrhunderts (= Schriften aus dem Institut für Kunstgeschichte der Universität München, Bd. 1)*, München 1985.
- SCHRADER 1988: Schrader, Susanne: *Architektur der barocken Hoftheater in Deutschland (= Beiträge zur Kunstwissenschaft, Bd. 21)*, München 1988.
- SEMPER 1904: Semper, Manfred: *Handbuch der Architektur, Teil IV/6/6, Theater*, hg. von Josef Durm u. a., Stuttgart 1904.
- TAMBURINI 1984: Tamburini, Elena: *Il luogo teatrale nella trattatistica italiana dell'800*, Rom 1984.
- VITRUVIUS 1987: Vitruvius: *De Architectura Libri X*, hg. von Carl Fensterbusch, Darmstadt 1964.
- WAVES AUDIO 2004: *Hermitage Theater*, in: http://www.acoustics.net.russia/hermitage_theatre.de; [letzter Zugriff am 27.8.2005].
- WEINZIERL, 2002: Weinzierl, Stefan: *Beethovens Konzerträume, Raumakustik und symphonische Aufführungspraxis an der Schwelle zum modernen Konzertwesen*, Frankfurt a. M. 2002.
- WINTERNITZ 1982: Winternitz, Emanuel: *Leonardo da Vinci and Music*, New Haven u. a. 1982.
- ZIELSKE 1971: Zielske, Harald: *Deutsche Theaterbauten bis zum zweiten Weltkrieg, typologisch-historische Dokumentation einer Baugattung (= Schriften der Gesellschaft für Theaterbaugeschichte, Bd. 65)*, Berlin 1971.