



Gezählter Raum. Tieffrequente Absorber im Bühnenturm des Staatstheaters Mainz sorgen für eine gleichmäßige Akustik unabhängig vom Bühnenaufbau.

Der Frequenzgang „macht“ die Musik

Die Gestaltung von Auditorien für Theater, Oper und Konzert stellt für Akustiker eine besondere Herausforderung dar. Für eine optimale Akustik ist aber der Frequenzgang der Nachhallzeit ein wesentlicher Faktor, wie Prof. Dr. Fuchs im Folgenden betont. Gerade im Tieftonbereich ist eine gezielte Bedämpfung des Raumes sehr sinnvoll für alle möglichen Nutzungsarten.

Es ist schon erstaunlich, wie nachhaltig prägend die Einschätzung der Akustik eines (neu eröffneten) Auditoriums oft von den Urteilen einiger „honorierter Gäste“ oder von „ambitionierten Kritikern“ abhängt. Manche „Berufene“ meinen sogar, dass Akustik mehr oder weniger Glücksache sei, zumindest aber voller Magie und Geheimnisse.

Der Raum-Akustiker, auch wenn er wie üblich nur als Bau-Akustiker nach der HOAI beauftragt wurde, tut aber gut daran, sich hinsichtlich Lautstärke, Raumeindruck und Echofreiheit bei der Festlegung der Grobstruktur größerer Auditorien wenigstens an einige geometrische Grundregeln zu halten:

- Gewährleistung guter *Sichtlinien* zwischen Darstellern und Zuhörern,
- Schaffung nützlicher *früher Reflexionen*,
- Vermeidung schädlicher *später Reflexionen*,
- Auflösung *großer ebener* oder gar *konkav* gekrümmter Strukturen in kleinere.

Der Erfolg dieser einfachen Maßnahmen lässt sich durch Messungen der *Pegelverteilung* über den Sitzflächen und der *Impulsantwort* im Raum sowie daraus abgeleitet des *Klarheits-* bzw. *Deutlichkeits-* und *Seitenschall-Maßes* später objektiv nachweisen. Computer-Simulationen und Raum-Modelle können dabei helfen, Architekten und Bauher-

ren möglichst frühzeitig zu überzeugen, erfordern aber Mittel, die das Budget meist nicht hergibt.

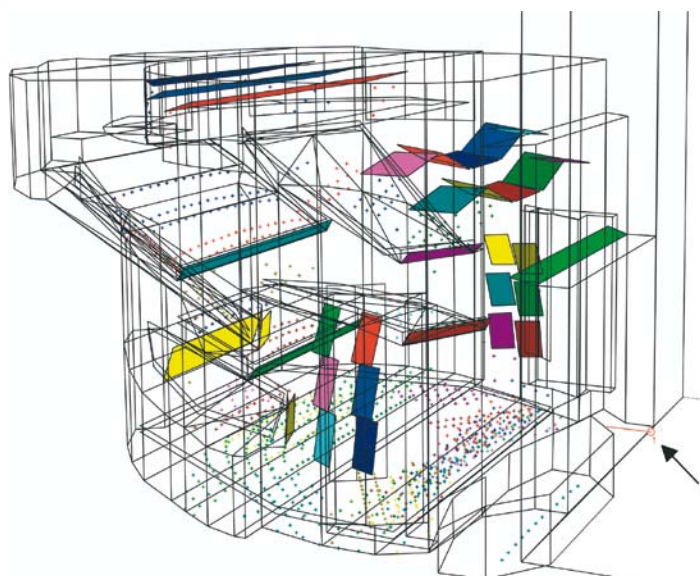
Wenn aber im gebauten Gebäude wirklich grobe raumakustische Mängel beanstandet werden, dann beschränken sich Besserungsversuche meistens auf Schall lenkende Maßnahmen, anstatt auf die *richtige* Bedämpfung des Raumes zu achten, die sehr konkret und eindeutig erst die Voraussetzung für einen deutlich hörbaren Erfolg schafft!

Der Schlüssel liegt bei den tiefen Frequenzen

Mit der Festlegung einer der Raumgröße grob angepassten Nachhallzeit T_{sol} bei mittleren

Frequenzen (etwa zwischen 500 und 1000 Hz) z.B. nach DIN 18041 ist nämlich noch nicht viel gewonnen. Bevor man sich aber vielen anderen raumakustischen Parametern [1] in demselben Frequenzbereich zuwendet, sollte man sich viel intensiver als üblich um die Nachhallzeit bei den tieferen Frequenzen kümmern: Was hier an für jegliche Nutzungsart notwendiger Absorption im Innenausbau versäumt wurde, lässt sich später schwer nachrüsten und auch durch keine andere raumakustische Maßnahme wieder gutmachen.

Wenn man die mit Abstand schädlichste, allzu oft unkontrollierte tieffrequente Raumantwort aber einmal gebändigt hat, kann die Nachhallzeit bei den mittleren und hohen Frequenzen, je nach Nutzungsart und Geschmack, in weiten Grenzen sinnvoll gestaltet werden. Nach diesem Konzept konditionierte Säle können durch eine exzellente Akustik für die Darbietung, Aufnahme und Wiedergabe von Sprache und Musik



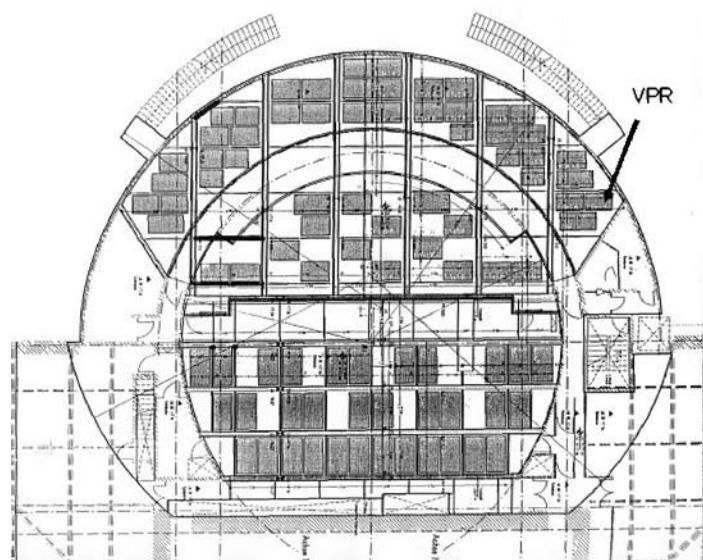
Fünf Reflektorgruppen. PC-Simulation der Übertragung von einer Schallquelle in der Mitte der vorderen Bühne in den Zuschauer-raum des Großen Hauses in Mainz.

überzeugen – gleichgültig wie die jeweilige Besetzung mit (entsprechend absorbierenden) Akteuren und Zuhörern die Nachhallzeit bei höheren Frequenzen variieren lässt [2]. Das leere Gestühl müsste so auch nicht mehr unbedingt dieselbe Absorption wie das besetzte aufweisen.

Wenn die oben geschilderten guten Voraussetzungen (selten genug!) erfüllt sind, kann man auch an eine weiter gehende raumakustische Gestaltung denken, die den Bedürfnissen der darbietenden und aufnehmenden Nutzer wirklich gerecht wird. Dazu muss aber ein fest sitzendes Vorurteil ausgeräumt werden: Die verbreitete Wertschätzung als *Wärme, Klangfülle* und *Resonanz* des Raumes wird oft mit einem, in großen wie kleinen Sälen heute sehr häufigen,

Anstieg der Nachhallzeit zu den Tiefen in Verbindung gebracht, so als könnten sich die *warm* empfundenen Bass-Instrumente dann gegenüber ihren *schrillen* Artgenossen besser hörbar machen. Aber gerade weil fast alle Stimmen und Instrumente zu tiefen Frequenzen hin schwächer abstrahlen, ist es wichtig, einen hier oft sehr destruktiven Raumeinfluss so weit wie möglich zurückzunehmen. Das schwächt die Bass-Stimmen keinesfalls, sondern lässt sie umso prägnanter und voller erklingen, ohne dass sie sich dafür besonders anstrengen müssten.

Dieser Überzeugung widerspricht es nicht, wenn Orgelbauer und Dirigenten in derart „gezähmten Räumen“ den Tiefen besondere Sorgfalt widmen und Kontrabässe gern vor einer re-



Dämpfer von oben. Belegung der Saaldecke mit neuartigen Tiefen-Absorbieren.

RAUMAKUSTIK

flektierenden Rückwand spielen lassen. Letztere hilft nämlich nur wenig, wenn der Raum die Tiefen *konturlos wabernd* anschwellen lässt. Dies bestätigen zahlreiche raumakustische Sanierungen in Orchestergräben und Probesälen, die von den betroffenen Musikern *unisono* positiv aufgenommen wurden [3].

„Grundabsorption“ macht die Akustik flexibel

Inzwischen gibt es zahlreiche Neubau- und Sanierungsbeispiele, in denen sich das Konzept „gezähmter Raum“ *ergonomisch* und *funktional* bestens bewährt hat. Dabei überwogen die Räume, in denen die für hohe Frequenzen von ihren Nutzern hineingetragene Absorption – auch bei Volumen-Kennzahlen von unter 20 m³ pro Person – bei weitem nicht ausreichte, um die Nachhallzeit auch nur auf den von DIN 18041 empfohlenen Wert von T_{sol} zu senken. Eine breitbandige zusätzlich zu installierende Absorption mit Schwerpunkt bei den Tiefen führte dann regelmäßig zu optimalen Ergebnissen [4, 5]. In Konzertsälen und Opernhäusern mit Kennzahlen von typischerweise weit unter 10, nicht selten sogar unter 5 m³ p. P. stellt sich das Problem ganz anders dar: Hier fällt es regelmäßig schwer, wünschenswerte Nachhallzeiten ≥ 1,5 s bei den Höhen zu erreichen, während es wiederum stets bei den Tiefen an Absorption mangelt.

Dem Anfang des 19. Jahrhunderts erbauten Großen Haus des

Staatstheaters Mainz wird eine gute Akustik nachgesagt. Mit seinem zylindrischen Zuschauerraum, der vom Bühnenturm kaum angeschnitten wird, wurde es Modell für viele spätere Bauwerke. Zahlreiche Veränderungen, insbesondere der Wiederaufbau von 1951, führten aber nach Meinung der Chronisten ins Abseits. Die Rekonstruktion am Beginn des 21. Jahrhunderts [3] verlangte nicht nur eine Rückbesinnung auf die ursprüngliche Architektur, sondern auch ein raumakustisches Konzept, das zeitgemäßen Anforderungen an ein Mehrsparten-Haus gewachsen ist. Dazu wurden frühzeitig entscheidende Vorkehrungen getroffen:

- Die vorgegebene Zylinderform wurde durch schollenartig in den Raum ragende und ihn stark gliedernde Einschübe in viele gezielt reflektierende Teilflächen aufgelöst. Alle Brüstungen sind zwischen 30 und 45° nach vorn geneigt; die halbhohen Zwischenwände aus Kunstglas sorgen für seitliche Reflexionen zu den Zuschauern.
- Guter Schallverteilung dienen auch Steigungen im Parkett von 7°, im ersten Rang von 18° und im zweiten von 33° sowie zusätzliche Reflektoren unter dem Portal, über dem Orchestergraben, an den vorderen Seitenwänden und unter der Decke des Zuschauerraumes.
- Für Konzerte wurde ein „Konzertzimmer“ auf der Bühne eingepplant.

Drei Hörebenen: Die Wahrnehmung von Akustik

Die *Hörsamkeit* eines Raumes nimmt der Mensch, im positiven wie im negativen Sinne, auf drei Ebenen wahr:

1. *Ästhetisch* als die jeweilige Architektur klanglich *darstellend*: In großen gotischen Kathedralen erwartet er z. B. gewaltigen Nachhall als Ausdruck erhabener Kraft. Der Raum kann z. B. bei Gregorianischen Gesängen stimmungsvoll wohltuend mitschwingen.
2. *Ergonomisch* als die Kommunikation in Arbeits- oder Freizeitbereichen *fördernd* oder *behindernd*: Der Aufenthalt z. B. in Orchestergräben und Probesälen, Konferenz- und Unterrichts- räumen oder Großraumbüros und Restaurants kann zu einer (ebenfalls körperlich spürbaren) Tortur werden, wenn der Raum für diese Nutzungen akustisch schlecht konditioniert wurde.

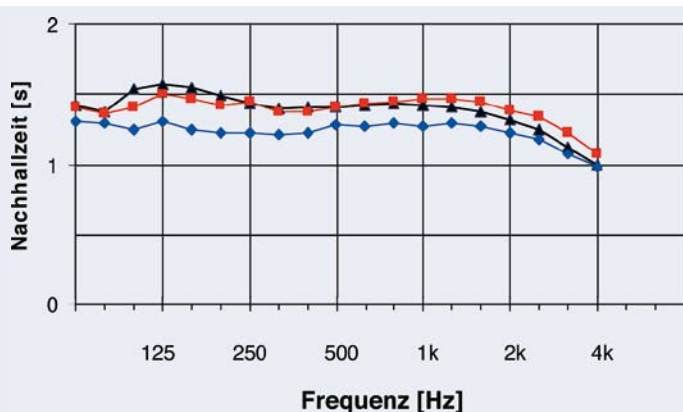
3. *Funktional* in Bezug darauf, wie gut oder schlecht Schallwellen einzelner Stimmen oder größerer Ensembles untereinander und zum Auditorium *übertragen* werden: In Vortrags-, Theater-, Oper- oder Konzertumgebungen kommt es neben ausreichender Dämmung und Dämpfung von Störschall auf gezielte Lenkung und Absorption des Nutzschalls an.

In der „Pflicht“ (2) wie in der „Kür“ (3) der Raumakustik kommt es auf einen gleichmäßigen Frequenzgang des Nachhalls an. Auch die mit Wärme, Umhülltsein, Räumlichkeit, Klangfülle und Resonanz nach [6] immer nur sehr vage und missverständlich umschriebene subjektive Wahrnehmung (2) rechtfertigt keinesfalls einen Anstieg des Nachhalls zu tiefen Frequenzen.

- Das Volumen des Zuschauerraumes wurde durch das Heraussetzen der Decke und das Öffnen der Wand hinter dem zweiten Rang von 5 200 auf 6 900 m³ vergrößert und damit die Volumen-Kennzahl auf, je nach Nutzung, 7,5 bis 8,3 m³ p. P. angehoben.
- Einbauten, Verkleidungen und Beläge wurden reflektierend

konzipiert, um die durch Zuschauer vorgegebene Absorption bei hohen Frequenzen nicht unnötig zu vergrößern.

Um aber einen unter den gegebenen Verhältnissen zu tiefen Frequenzen stark ansteigenden Nachhall zu vermeiden, wurden in allen drei gekoppelten Räumen (Saal, Graben und Bühne) spezielle Tiefenabsorber einge-



Gleichmäßiger Nachhall. Im Zuschauerraum gemessene Nachhallzeiten bei Konzernutzung (▲) bzw. Opernnutzung mit (◆) bzw. ohne angekoppelte Bühne (■).



Durchhörbarkeit im Graben. Belegung der Wände mit Verbundplatten-Resonatoren und Breitband-Kompaktabsorbern nach [3].

baut. Im Graben kamen so ca. 100 m², an der Decke 255 m², an den Wänden und den Unterseiten der Einschübe 95 m², insgesamt also 450 m² neuartiger Resonanz-Absorber voll zur Geltung. Um einen negativen Einfluss des 12 600 m³ großen Bühnenturmes auf die Raumakustik zu eliminieren, wurden auch hier an Decke und Wänden ca. 736 m² „Tiefenschlucken“ dauerhaft installiert. Diese stets vorhandene „Grundabsorption“ macht die Akustik nun überall auch unabhängig vom jeweiligen Bühnenaufbau.

Die Nachhallzeit im voll besetzten Haus, ebenso wie mit dem vergleichbar absorbierenden Gestühl, weist, trotz der ungünstigen Ausgangssituation, tatsächlich immer ein sehr ausgeglichenes Spektrum bis 63 Hz herunter auf. Der ohne die absorbierenden Maßnahmen zu befürchtende Anstieg auf ca. 2,5 s unter 125 Hz

konnte erfolgreich verhindert werden. Der Unterschied zu anderen Sälen würde deutlich ausfallen, wenn man auch deren raumakustische Ergebnisse in der Oktave zwischen 63 und 125 Hz heranziehen könnte, die üblicherweise leider nicht einmal in der Nachhallzeit erfasst werden. Aus einer nach der Wiedereröffnung veröffentlichten Kritik sei aber zitiert: „... klang das Orchester anders, so artikuliert und stilgerecht, als hätte man die Barockmusik in Mainz gerade noch einmal erfunden“.

Literatur

- [1] Fasold, W.; Veres, E.: Schallschutz + Raumakustik in der Praxis. Verlag Bauwesen, Berlin 2003.
- [2] Fuchs, H.V.: Raumakustische Gestaltung von Umgebungen zum Darbieten, Aufnehmen und Wiedergeben von Sprache und Musik. Bauphysik 29 (2007), Heft 6, Seiten 398 – 406.
- [3] Fuchs, H.V.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Innovative akustische Konzepte und Bauteile mit praktischen Anwendungen in konkreten Projekten. Springer, Berlin 2007.
- [4] Fuchs, H.V.; Renz, J.: Ruhig und offen. Trockenbau-Akustik 23 (2006), Heft 11, Seiten 50 – 54 und Heft 1/07, Seiten 36 – 40.
- [5] Fuchs, H.V.: Die neue EU-Richtlinie „Lärm“ und der Schallschutz für Musiker. Lärmbekämpfung 3 (2007), Heft 6, Seiten 217 – 224.
- [6] Witew, I. B.: Zur subjektiven Bewertung der Akustik in Konzertsälen:

Gibt es die perfekte Akustik? Tonmeister-Informationen/VDT-Magazin, Heft 1-2006, Seiten 19 – 23.

Autor

Prof. Dr.-Ing. Helmut V. Fuchs war bis 2005 Leiter der Abteilung Raumakustik/Technische Akustik und stellvertretender Leiter des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik.

@ h.v.fuchs@hotmail.de

 www.trockenbau-akustik.de

Archiv

- ▶ Nachhall
- ▶ Raumakustik