Raumakustik im Denkmalschutz

Moritz Späh, Xiaoru Zhou, Ting Zhang, Avijah Neumann
Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
E-Mail: moritz.spaeh@ibp.fraunhofer.de

Einleitung

Die Raumakustik ist in vielen Gebäuden und Räumen, die unter Denkmalschutz stehen, schlecht. Oft wird der Restaurierung der Räume eine hohe Priorität eingeräumt, ohne die spätere Nutzung der Räume zu berücksichtigen. Nach der Sanierung des Raumes wird dann festgestellt, dass die vorgesehene Nutzung des Raumes sehr schwierig oder unmöglich ist. In der Regel fehlt es an Schallabsorption im Raum, so dass die Räume zu hallig und (viel) zu laut sind, um sich darin z.B. zu unterhalten, diese für Musikdarbietungen oder Vorträge zu nutzen oder sie als Büro einzusetzen.

Die Nutzung der Räume ist jedoch ein wesentlicher Aspekt für denkmalgeschützte Gebäude, der zum Erhalt des Gebäudes beiträgt. Räume, für die eine Nutzung nicht oder nur eingeschränkt möglich ist, lassen sich nicht vermieten und bieten daher keine Möglichkeit, diese finanziell zu verwerten. Im Angesicht des Raummangels und dem Trend, Bestandsgebäude für zukünftige Nutzung zu sanieren, kommt einer angemessenen Nutzung der Räume, auch im Sinne der Nachhaltigkeit, eine wesentliche Bedeutung zu. Hierzu bedarf es einer auf die Nutzung abgestimmten Raumakustik. Die Raumakustik im Denkmalschutz wurde in einem vom BBSR Zukunft Bau geförderten Forschungsprojekt bearbeitet, das im Abschlussbericht [1] ausführlich beschrieben ist.

Raumakustik im Denkmalschutz

Anforderungen und Empfehlungen für eine angemessene Nachhallzeit werden in DIN 18041 [2] für Räume der Gruppe A und Gruppe B genannt. Bezüglich des Arbeitsschutzes werden in der ASR A3.7 [3] Anforderungen an die Nachhallzeit in Räumen gestellt. In DIN 18041 wird die unterschiedliche Nutzung der Räume berücksichtigt und ein Toleranzbereich für die Nachhallzeiten angegeben.

Im Bereich des Denkmalschutzes wird allzu oft nicht bedacht, dass die geplante Nutzung von geschützten Räumen meist eine Umnutzung bedeutet, und die Wiederherstellung des Raumes einer modernen Nutzung entgegenstehen kann. In vielen Fällen sind die Nachhallzeiten zu lang und es werden keine Maßnahmen vorgesehen, um die Schallabsorption im Raum zu erhöhen. Um die Hintergründe und die Vorgehensweise bei der Sanierung von denkmalgeschützten Räumen zu untersuchen, wurden im Vorhaben zunächst Experteninterviews geführt. Diese ergaben:

- dass die Raumakustik und deren Wichtigkeit stark von der Nutzung abhängt,
- dass Lösungen für die Räume jeweils individuell gesucht und gefunden werden müssen,
- dass daher Kompromisse zwischen den verschiedenen Anforderungen an den Raum (z.B. Denkmalschutz, Raumakustik, Brandschutz, Wärmeschutz, Barrierefreiheit, etc.) erarbeitet und gefunden werden müssen.
- Auch die Gewichtung der einzelnen Ansprüche muss jeweils individuell gefunden werden und erfordert eine vertrauensvolle und zielorientierte Zusammenarbeit und Kreativität der beteiligten Personen.

Reallabore

Um an praktischen Beispielen die individuell notwendige Vorgehensweise, Schwierigkeiten und Lösungsmöglichkeiten konkret zu untersuchen, wurden im Projekt drei Reallabore ausgewählt. Diese sollten in ihrer Art, Größe und Nutzung unterschiedlich sowie unterschiedliche Charakteristika bezüglich des Denkmalschutzes aufweisen. Mit Hilfe unserer Kollegen von der Kulturerbe-Forschung und in Abstimmung mit dem BBSR konnten drei Reallabore, das „Forum Heimat“ im ehemaligen Meierhof des Kloster Benediktbeuern, der Franz-Marc-Raum im Kloster und der große Sitzungssaal im Schloss Deichmannsaue in Bad Godesberg gefunden werden.

Abbildung 1: Foto des Forum Heimat im Kloster Benediktbeuren. Quelle IBP

Das Forum Heimat ist ein Raum im ehemaligen Meierhof des Klosters, der zu früheren Zeiten als Stallungen genutzt wurde. Der Raum weist eine Gewölbedecke mit Kreuzgewölbe auf und hat Abmessung von ca. 18,4 m x 13,5 m x ca. 3,4 m (mittlere Raumhöhe), und damit ein Raumvolumen von ca. 834 m³. Die Gewölbedecke wird von 6 Säulen mit einem Volumen von je ca. 1,63 m³ getragen. Der Raum wurde saniert und soll in Zukunft für Ausstellungen, Vorträge und Musikdarbietung genutzt

werden. Der Raum weist ausschließlich schallharte Oberflächen auf und ist in Abbildung 1 bei einer der Messungen gezeigt. Im untersuchten Zustand war der Raum sehr hallig und laut, so dass die gewünschte Nutzung nicht möglich war. Im leeren Zustand lag die Nachhallzeit tieffrequent bei nahezu 5 s, im mittleren Frequenzbereich bei ca. 2,8 s. Die Messergebnisse sind in Abbildung 5 gezeigt.

Als zweites Reallabor wurde der Franz-Marc-Raum im Hauptgebäude des Kloster Benediktbeuern betrachtet. Es handelt sich dabei um einen mittelgroßer Besprechungsraum mit historischen Fenstern und großen Fensternischen und einer mit Stuck verzierten Decke. Die Wände hatten glatte Oberflächen, der Bodenbelag bestand aus einem Holzparkett. Die Abmessungen des Raums waren ca. 9,8 m x 5,9 m x 3,8 m, wobei der Raum einen nicht rechteckigen Grundriss aufweist. Das Raumvolumen V beträgt ca. 220 m³. Der Franz-Marc-Raum ist in Abbildung 2 gezeigt.

Abbildung 2: Foto des Franz-Marc-Raum mit Bestuhlung für Besprechung oder Vortrag. Quelle IBP

Auch dieser Raum war saniert und wies keine wesentlichen schallabsorbierenden Oberflächen auf. Der Raum wurde für Besprechungen und Seminare genutzt und wies eine zu tiefen Frequenzen ansteigende Nachhallzeit zwischen ca. 1,5 und 1,9 s auf. Damit war der Raum für die gewünschte Nutzung zu hallig und zu laut, was auch von den Nutzern bemängelt wurde.

Das dritte Reallabor war der große Sitzungssaal im Schloss Deichmannsaue in Bad Godesberg bei Bonn. Es ist ein repräsentativer Saal mit Abmessungen von ca. 16,10 m x 9,90 m x 6,80 m, das Raumvolumen V liegt bei ca. 1084 m³. Dieser Saal wird für wichtige Besprechungen mit unterschiedlicher Personenzahl genutzt, aber auch für Personalversammlungen mit vielen Personen. Daher ist einen gute Sprachverständlichkeit notwendig. Der große Sitzungssaal besitzt einen Parkettboden, vier fast raumhohe historische Fenster, eine historische Wandverkleidung und eine mit Stuck verzierte Deckengestaltung. Der Raum weist einen Deckenfries auf, hinter dem verdeckt eine indirekte Beleuchtung angebracht ist. Gegenüber der Fassade ist ein offener Kamin vorhanden, die Wandfläche darüber ist mit Spiegeln versehen. Der Raum ist mit Heizungselementen ausgestattet, die unterhalb der Fenster hinter einer Holzverkleidung angebracht sind. Die Fenster sowie die verglaste Zugangstür sind mit Vorhängen versehen, die vor einigen Jahren erneuert wurden, deren Auswahl jedoch nach denkmalschützerischen Kriterien erfolgte und die wenig schallabsorbierend ausgestattet sind. Der Raum steht komplett unter Denkmalschutz, so dass raumakustische Maßnahmen an den Raumoberflächen nicht umsetzbar sind. Der Sitzungssaal ist in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3: Foto des großen Sitzungssaals im Schloss Deichmannsaue. Quelle IBP

Untersuchung der möglichen Raumakustik-Maßnahmen

Für alle drei Reallabore wurden Raumakustik-Simulationen eingesetzt, um die Möglichkeiten von Raumakustik-Maßnahmen und deren Wirkung zu untersuchen. Zunächst wurden in allen Räumen die vorhandenen Oberflächen aufgenommen und die Nachhallzeiten im Ist-Zustand gemessen, so dass die Simulationsmodelle mit dem Bestand abgeglichen werden konnten. Die möglichen Raumakustik-Maßnahmen wurden mit den Nutzern der Räume diskutiert. Diese Vorschläge können bei einer zukünftigen Baumaßnahme gegebenenfalls umgesetzt werden. Da im Rahmen des Projekts keine Umbaumaßnahmen möglich waren, wurde versucht, mit den am Projekt beteiligten Nutzern und Partnerfirmen Maßnahmen zu erarbeiten, die, wenn auch zum Teil temporär, den Einbau und eine subjektive und messtechnische Überprüfung ermöglichten. Hierfür wurden für die Reallabore abgestimmte Raumakustik-Lösungen entwickelt.

Maßnahmen für Forum Heimat

Die umfangreichsten Maßnahmen wurden für das Forum Heimat gefunden. Dieses Reallabor sollte für zwei verschiedenen Nutzungen betrachtet werden, zum einen Ausstellung und Vortrag, bei der die Soll-Nachhallzeit nach DIN 18041 bei 0,94 s (A2) liegt, aber auch für Musikdarbietungen, bei denen die Nachhallzeit bei ca. 1,38 s (A1) liegen sollte. Als Maßnahmen wurde vorgeschlagen: Anbringen von Absorbern in Wandnischen unter den Fenstern (ca. 22 m²), Absorber an Kabinenwänden und über Vitrinen, ca. 61 m² (Kabinen und Vitrinen sind für den Einbau geplant) und Berücksichtigung einer Bestuhlung von 95 Stühlen. Mit dieser Ausstattung konnten die Anforderungen für Musik gut eingehalten werden, auch für eine geringere Bestuhlung bzw. Personenzahl. Für die Nutzung Vortrag wurde der zusätzliche Einsatz von absorbierenden Stellwänden mit ca. 60 m² absorbierender

Oberfläche vorgeschlagen, womit die Nachallzeit ebenfalls gut eingehalten werden kann.

Nicht alle diese Maßnahmen waren für die Umsetzung als Reallabor möglich. Dafür wurden folgende Maßnahmen vorgeschlagen: Einbau von schallabsorbierenden Blähglas-platten in den Raumnischen unter den Fenstern aus Reapor (Fa. Liaver, ca. 22 m²). Der Einbau erfolgte so, dass die Absorber zunächst im Raum verbleiben konnten. Da die Wand nicht eben war wurden die Absorber mit einer Holz-konstruktion mit geringem Abstand vor den Wänden eingebaut. Die zweite Maßnahme war der Einsatz von 24 Stück (1 m x 2,5 m) beidseitig absorbierenden mikroper-forierten Stellwänden (Fa. MBA), die temporär im Reallabor eingesetzt und verschieden aufgestellt werden konnten. Die dritte Maßnahme war die beispielhafte Verkleidung einer Säule des Raumes mit einer mikroperforierten zylindrischen Verkleidung aus Plexiglas (Fa. Fritz, ca. 5,5 m²). Alle drei Maßnahmen sind in Abbildung 4 gezeigt.

Abbildung 4: Foto der absorbierenden Maßnahmen im Reallabor Forum Heimat: Verkleidung der Nische unter dem Fenster durch Reapor (rechts), absorbierende Stell-wände und absorbierende mikroperforierte Verkleidung einer Säule (links). Quelle IBP

Die Wandverkleidung in den Nischen wurde als erstes eingebaut, die beiden anderen Maßnahmen waren dagegen mobil, und konnten nacheinander im Raum installiert werden. Damit war es möglich, Die Nachhallzeiten im Raum Schritt für Schritt zu messen. Sie sind in Abbildung 5 dargestellt.

Der Einbau der Wandabsorber in den Nischen (ca. 22 m²) konnte die Nachhallzeiten im Raum breitbandig senken, so dass sie im mittleren Frequenzbereich bei 1 kHz von ca. 2,8 s auf 2 s sank. Der Einbau des Säulenabsorbers (ca. 5,5 m²) konnte vor allem zwischen 250 und 500 Hz die Nachhallzeiten etwas absenken. Die Auslegung des mikro-perforierten gebogenen Plexiglasabsorbers, mit einem mittleren Abstand von 150 mm vor der Säule, (die am Fuß einen größeren Durchmesser als an der Kapitelle besaß) erreichte einen maximalen Absorptionsgrad bei 250 Hz von ca. 0,5, sowie 0,45 bei 500 Hz. Die Wirkung im Forum Heimat entsprach damit recht genau dem vorherberechneten Schallabsorptionsgrad.

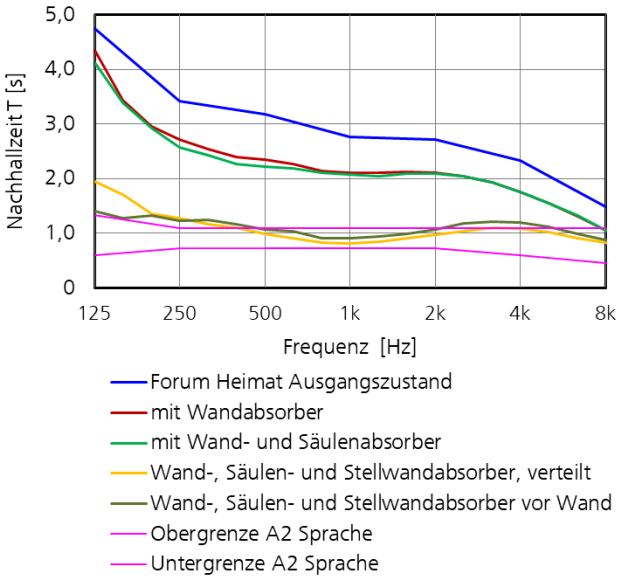

Abbildung 5: Gemessene Nachhallzeit im Reallabor Forum Heimat mit unterschiedlicher Ausstattung sowie Ober- und Untergrenze nach A2 der DIN 18041. Quelle IBP

Mit dem zusätzlichen Einsatz der 24 absorbierenden mikroperforierten Stellwände (ca. 120 m² Oberfläche) konnte für das Forum Heimat eine Nachhallzeit von ca. 1 s erreicht werden, was der Anforderung nach A2 für Sprache entspricht. Dabei war die Aufstellung der Stellwände im Raum verteilt (Abbildung 4) tieffrequent bei 125 Hz etwas weniger wirksam als bei Aufstellung vor der Außenwand, die eine etwas gleichmäßigere Nachhallzeit im Raum erreichte. Subjektiv war im Ausgangszustand auch bei geringem Abstand eine Unterhaltung im Raum nahezu unmöglich, mit der vollständigen Ausstattung des Raumes war dagegen Sprache sehr gut und einfach verständlich. Alexander Karl Wandinger vom Zentrum für Trachtengewand stellte fest:
»Ausgehend von der ursprünglichen Erfahrung, dass in unserem schallharten barocken Gewölbe, also dem Forum Heimat und Kultur, keine Unterhaltung, Ausstellung oder Vortrag möglich war, bin ich von den Maßnahmen begeistert.
Die Raumakustik wurde durch drei unterschiedliche Maßnahmen so positiv beeinflusst, dass ich mir jetzt sicher bin: Das Gewölbe kann durch geeignete Schallabsorber akustisch garantiert in den Griff bekommen werden…«!

Maßnahmen für Franz-Marc-Raum und Großen Sitzungssaal Schloss Deichmannsaue

Im Franz-Marc-Raum im Kloster Benediktbeuern, der für Besprechungen und Vorträge (Raumgruppe A2 nach DIN 18041) ausgelegt werden sollte, wurden folgende Maßnahmen vorgeschlagen: Einbau von Absorbern in Nischen unter den Fenstern (ca. 3,8 m²), Absorber an den Wänden, (ca. 42 m²) oder der Einsatz von mobilen Stellwänden. Zusätzlich wurde die Absorption von Möblierung berücksichtigt. Die Simulation verschiedener Absorber-Konfigurationen zeigte, dass der Einsatz der

Absorber an den Wänden notwendig war, um die Anforderung an die Nachhallzeit von ca. 0,7 s zu erreichen. Da eine Umsetzung dieser Maßnahmen für diesen Raum nicht gewünscht und geplant war, wurden auch in diesem Raum als Reallabor die beidseitig absorbierenden mikroperforierten Schallabsorber (Fa. MBA) eingesetzt. Die gemessenen Nachhallzeiten im Franz-Marc-Raum im Ausgangszustand und mit 11 Stellwänden ist in Abbildung 6 gezeigt.

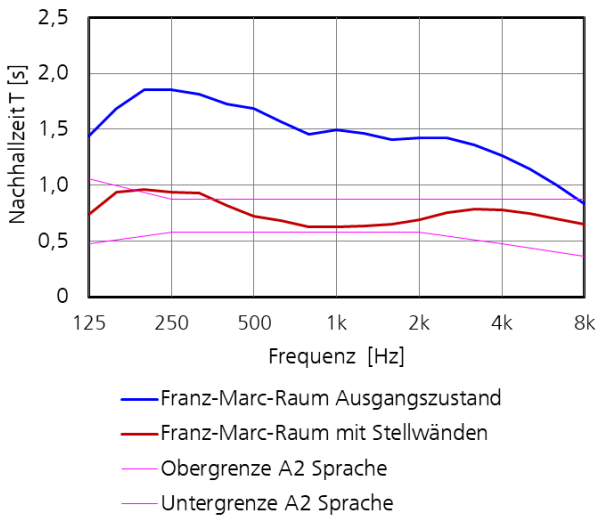

Abbildung 6: Nachhallzeit im Franz-Marc-Raum im Ausgangszustand und als Reallabor mit Stellwänden. Quelle IBP

Die Messergebnisse im Franz-Marc-Raum zeigen, dass mit 11 Stellwänden, d.h. mit einer beidseitig absorbierenden Oberfläche von 55 m², die Anforderungen für Sprache erfüllt werden. Dabei wurde lediglich bei tiefen Frequenzen der Sollbereich der Nachhallzeit geringfügig überschritten. Subjektiv konnte auch hier festgestellt werden, dass bei diesen deutlich kürzeren Nachhallzeiten die Sprachverständlichkeit deutlich höher und eine angenehme Unterhaltung möglich war, was dagegen im Ausgangszustand ausgesprochen schwierig und von Seminarteilnehmern beanstandet wurde.

Im großen Sitzungssaal des Schloss Deichmannsaue war es ebenso schwierig, raumakustische Maßnahmen vorzuschlagen, denn dieser sehr repräsentative und hohe Raum konnte aus denkmalschützerischen Gründen nicht verändert werden. Der Raum war mit Vorhängen an den Fenstern und an einer Eingangstür ausgestattet. Dieser Vorhang war jedoch nach Denkmalschutz-Aspekten ausgesucht worden und nur wenig akustisch wirksam, was bei der Messung im Ausgangszustand untersucht wurde. Als Maßnahmen wurde für diesen Raum diskutiert, die Vorhänge vor Fenstern und der Eingangstür durch schallabsorbierende Vorhänge zu ersetzen; Absorber unter den Fensternischen einzusetzen (hierfür stand nur eine kleine Fläche zur Verfügung); das Anbringen eines Absorber-Rings oberhalb des Deckenfries (z.B. aus Reapor, ca. 3 m²); das Auskleiden des offenen Kamins mit Schallabsorbern; den Einsatz von zusätzlichen schallabsorbierenden Vorhängen vor weiteren Türen sowie die Ausstattung von Verkleidungsöffnungen hinter den Wandverkleidungen (ca. 7,2 m²). Alle diese Maßnahmen ergaben keine großen Flächen und damit keine wesentliche Verbesserung der Akustik. Damit blieb für diesen Raum noch die Verwendung von mobilen absorbierenden Stellwänden, z.B. wie in den beiden anderen Reallaboren eingesetzt, und die Berücksichtigung der Möblierung. Mit dem Einsatz von 31 beidseitig absorbierenden Stellwänden (ca. 155 m² Oberfläche), der zusätzlichen Ausstattung der weiteren Türen mit dem vorhandenen Vorhang (geschlossen) und dem Einsatz von Absorbern hinter den Wandverkleidungen wurde die Obergrenze des Toleranzbereichs von ca. 1,2 s vor allem tieffrequent noch deutlich überschritten. Wurde jedoch eine größere Anzahl an Personen im Raum rechnerisch berücksichtigt (100 Personen) oder gar eine Vollbelegung mit 192 Personen zugrunde gelegt, konnte mit den oben genannten Maßnahmen der Toleranzbereich für Sprache erreicht werden.

Zusammenfassung

Die Raumakustik im Denkmalschutz muss die Anforderungen an die Nutzung berücksichtigen und bedarf in der Regel einer individuellen Betrachtung. Daher ist es entscheidend, schon vor einer geplanten Sanierung die Nutzung zu berücksichtigen und raumakustischen Maßnahmen einzuplanen, die in Zusammenarbeit mit der für den Denkmalschutz betrauten Personen und bestenfalls einem Fachplaner für Bauphysik bzw. Raumakustik abgestimmt werden. Da die notwendigen Maßnahmen oftmals größere absorbierende Flächen beinhalten, sollten diese möglichst in das Denkmal- und Sanierungskonzept integriert werden. Ist dies nur begrenzt möglich, bieten sich angepasste und mobile Lösungen an, wie sie z.B. absorbierende Wandverkleidungen, mikroperforierte transparente Bauteile oder schallabsorbierende Stellwände darstellen. Hinweise zur Raumakustik im Denkmalschutz und Lösungen sind im Planungskompendium [4] zu finden, das im Rahmen des Projekts erarbeitet und vom Fraunhofer IBP herausgegeben wird.

Literatur

[1] Bericht Raumakustik für den Denkmalschutz. BBSR Online Publikation, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) und Fraunhofer IBP, Stuttgart, 2022

[2] DIN 18041:2016 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Beuth Verlag Berlin.

[3] ASR A3.7:2021 Technische Regeln für Arbeitsstätten Lärm Ausschuss für Arbeitsstätten – ASTA-Geschäftsführung – BauA – www.baua.de.

[4] Guter Ton in historischen Räumen - Planungskompendium Raumakustik im Denkmalschutz. Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, 2023 www.ibp.fraunhofer.de