Variable Raumakustik – Multifunktionalität von Probesälen

Christiane Bangert[1], Martin Lachmann[1], Dominik Kessler, Martin Peter[1]
[,1] *Applied Acoustics GmbH, 4460 Gelterkinden, Schweiz, E-Mail: info@appliedacoustics.ch*

Einleitung

Orchester benötigen grosse Säle mit einer entsprechenden Raumakustik zum Proben. Es hat aber nicht jedes Orchester einen eigenen Probesaal, der genau auf die eigenen Bedürfnisse zugeschnitten ist. Für unterschiedliche Besetzungsgrössen und Musikstile benötigt ein Saal eine variable Raumakustik. Eine multifunktionale Nutzung der Säle, z.B. für Vorträge, Präsentationen oder Musikaufführungen mit Publikum, erhöht die Anforderungen an die Variabilität nochmals.

Wie Säle gestaltet werden können, um den diversen, zum Teil divergenten Anforderungen möglichst gerecht zu werden, soll in diesem Beitrag anhand von zwei Beispielen erläutert werden: Dem ‚Konzertsaal Salquin'[1] im Neubau der Hochschule Luzern–Musik (HSLU-M) und dem ‚Paul Sacher Saal'[2] in einem umgenutzten Kirchenraum des Musik- und Kulturzentrums Don Bosco in Basel.

Die Grundvoraussetzungen der zwei Säle waren sehr verschieden: Die Geometrie und das Volumen des Luzerner Kammermusiksaals konnte in gewissem Rahmen - gesetzt u.a. durch Raumprogramm und Platzangebot im Gesamtbauwerk - mitbestimmt werden. Das Konzept für die Gestaltung der Wandoberflächen wurde in Zusammenarbeit mit den Architekten entwickelt. Der ‚Paul Sacher Saal' hingegen entstand in der profanierten, ehemals katholischen Don Bosco Kirche in Basel. Die Raumgeometrie stand damit von Anfang an fest. Zudem ist der Kirchenbau architektonisch von Bedeutung und steht unter Denkmalschutz. Additiv und rückbaufähig waren damit auch die baulichen Massnahmen zur Akustik zu wählen. Sie mussten ausserdem denkmalschützerischen Ansprüchen genügen.

Gemein ist beiden Sälen ihre Funktion als Probesäle für Orchester und ihr Nutzung für öffentliche Konzerte.

Anforderungen an Probesäle

Je nach Ensemblegrösse, Besetzung und Musikstil unterscheiden sich die Anforderungen an die Raumakustik eines Probesaals. Im Norwegischen Standard NS 8178:2014 [1] wird z.B. für einen Saal mit 3000m^3 Volumen – in etwa die Grösse des ‚Konzertsaals Salquin' – für Proben von leisen, unverstärkten Instrumenten (z.B. Holzbläser, Streicher) eine Nachhallzeit von 1.6 - 1.9s empfohlen, bei Proben von lauten, unverstärkten Instrumenten sind es 1.1 – 1.6s.

Ein Grund für kürzere Nachhallzeiten bei lauten Instrumenten ist die Vermeidung zu hoher Lautstärke. ‚Zu laut' ist ein Kritikpunkt, der immer wieder von Orchestermusiker*innen über ihre Proberäumlichkeiten zu hören ist. Gleichzeitig sind gute Bedingungen für das eigene und gegenseitige Hören der Instrumentengruppen zu schaffen.

Eine variable Raumakustik, die je nach Besetzung gute Hörbedingungen in passender Lautstärke schafft, ist damit die Zielsetzung der raumakustischen Gestaltung.

Anforderungen an die multifunktionale Nutzung

Probesäle, die auch für Veranstaltungen genutzt werden, brauchen häufig mit der zusätzlichen Absorption durch das Publikum eine gleich lange oder gar längere Nachhallzeit als bei den Proben ohne Publikum. Die Kompensation der Publikumsabsorption im leeren Zustand durch hochgepolsterte Bestuhlung ist selbst näherungsweise nicht immer möglich. Zugleich sind für Sprachveranstaltungen kürzere Nachhallzeiten der Verständlichkeit zuträglich. Auch bei elektroakustisch verstärkten Konzerten ist eine möglichst kurze Nachhallzeit gewünscht. Zurückgreifend auf die DIN 18041 [2] liegt die Nachhallzeit T_{soll} für ‚Musik' (Kategorie A1) für einen Saal mit einem Volumen von 3000m^3 bei 1.6s, für ‚Sprache / Vortrag inklusive' (Kategorie A3) bei 0.9s.

Gute raumakustische Bedingungen für die unterschiedlichen Anwendungen lassen sich daher nur mit Möglichkeiten, die Nachhallzeit der jeweiligen Nutzung anzupassen, schaffen. Die Nachhallzeit ist dabei ein wichtiges, aber nicht das einzige Kriterium.

Anforderungen an die beiden Säle

Auch wenn der ‚Konzertsaal Salquin' in die Musikhochschule integriert ist, so war die Schaffung eines Kammermusiksaals mit hoher akustischer Qualität auch für die öffentliche Nutzung von hoher Priorität. Er sollte so gut sein, dass er sich als Veranstaltungssaal beim renommierten, internationalen ‚Lucerne Festival' und anderen hochkarätigen Veranstaltungen anbietet. Gleichzeitig ist er im Hochschulalltag Orchesterproberaum - auch für Proben eines Sinfonieorchesters - und wird für Sprachveranstaltungen genutzt. Es galt, für Konzerte mit Publikum eine längere Nachhallzeit zu ermöglichen als für Proben ohne Publikum.

Im ‚Paul Sacher Saal' hingegen lag die Anforderungspriorität bei der Probe eines Kammerorchesters. Zusätzlich sollten aber auch für grössere Ensembles gute Bedingungen geschaffen werden. Erst in zweiter Linie stand die Nutzung als öffentlicher Konzertsaal. Auch wenn die Orgel im Saal erhalten blieb, so gab es nicht den Anspruch an eine typische Kirchenakustik.

Für Proben war die Nachhallzeit des Kirchenraums zu senken. Allerdings nicht in einem Masse, dass der Saal mit Publikum

[1] Hedy Salquin, Schweizer Pianistin, Dirigentin und Komponistin (*1928, ┼2012)

[2] Paul Sacher, Schweizer Dirigent und Mäzen (*1906, ┼1999)

besetzt eine für klassische Konzerte zu kurze Nachhallzeit hat.

Eckdaten der Säle

Die folgende Tabelle fasst die Eckdaten der beiden Säle zusammen:

	'Konzertsaal Salquin'	**'Paul Sacher Saal'**
Länge (max.)	23 m	46 m
Breite (max.)	17 m	16 m (mit Seitenschiffen)
Höhe (max.)	ca. 10 m	13 m
Volumen	ca. 3100 m^3	ca. 6000 m^3
Bühne	78m^2 + 45m^2 (Erweiterung)	127 m^2
Sitzplätze	229 (Parkett) 51 (Balkon)	500
Architekten	Enzmann Fischer & Büro Konstrukt AG, Luzern	Martin Pfister Architekten AG, Basel (Entworfen 1935 durch Hermann Baur)

Tabelle 1: Eckdaten der Säle

Konzertsaal Salquin

Ziel der äusseren Formgebung war ein Optimum zwischen Raumform und Volumen im vorhandenen Platzangebot. Die abgeschrägten Ecken enthalten zum Teil die zweitürigen Schleusen zum Konzertsaal.

Abbildung 1: ,Konzertsaal Salquin'

Raumakustisches Konzept

Für einen reinen Kammermusiksaal ist das Volumen durchaus passend. Darüber hinaus im Hochschulalltag auch für Orchester in sinfonischer Besetzung adäquat zu sein, verlangt aber eigentlich nach einem grösseren Saal. Um auch für ‚zu grosse' Ensembles gute Bedingungen zu schaffen, wurde eine hohe Diffusität sowie Möglichkeiten zur Minderung der Nachhallzeit und damit der Laustärke im Saal angestrebt.

Durch eine hohe Diffusität baut sich vergleichsweise schnell ein diffuses Schallfeld auf, in dem einzelne Reflexionen nicht so stark hervortreten. Es entsteht ein gleichmässiger Raumklang, der bedingt durch die Abwesenheit von zeitlich frühen, starken Reflexionen eher mit grösseren Räumen assoziiert wird. Zudem werden Überhöhungen durch gerichtet reflektierten Schall gemindert und so an sich schon laute Instrumente durch Reflexion nicht noch mehr hervorgehoben. Unseren Erfahrungen nach führt dies auch in ‚eigentlich zu kleinen' Räumen dazu, dass das Orchester nicht so schnell als zu laut, der Saal als 'überspielt' empfunden wird.

Eine Reduzierung der Nachhallzeit durch eine starke Bedämpfung des Saals macht diesen neben der Minderung der Lautstärke bei Proben auch für Sprachveranstaltungen nutzbar. Von der angestrebten Nachhallzeit her sollte der Saal besetzt mit Publikum eine Nachhallzeit von 1.6s haben, für Sprachwiedergabe oder Proben mit sehr lauten Ensembles sollte sie ggf. unter 1 s liegen können.

Zur Schaffung der Diffusität wurde eine Struktur entworfen, die aus 4 cm dicken, horizontalen Lamellen besteht. Die Abstände der Lamellen (Multiplex-Holzwerkstoffplatten aus Laubholz, sog. „Bau-Buche") werden an den Wänden von unten nach oben grösser, die Lamellen selber werden dabei tiefer (siehe Abb. 1).

Diese Struktur sollte möglichst wenig Absorption haben – Bestuhlung und Publikum im voll besetzten Saal können schon fast hinreichende Absorptionsflächen für die angestrebte Nachhallzeit bei Konzerten schaffen. Um die geringe Absorption sicher zu stellen, wurde ein grosser Ausschnitt der gesamten Wandstruktur - inkl. der Rückwand aus einer 5 cm dicken Holzwerkstoffplatte - im Hallraum der Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt) geprüft. Im Resultat wies die Struktur einen Absorptionsgrad um 0.1 auf.

Die Rückwände hinter der horizontalen Lamellenstruktur wurden schalllenkend schräg gestellt – unter dem Balkon schräg nach unten reflektierend, oberhalb des Balkons in Sägezahnform. Die Deckenstruktur besitzt über der Bühne schräg gestellte Flächen, über dem ansteigenden Publikumsbereich ist die Decke abgestuft. So werden parallele Flächen vermieden.

Simulationen wurden mit der Software ‚ODEON' durchgeführt. Dabei kamen unterschiedliche Werkzeuge dieses Programms zum Einsatz. In der ‚Billard-Animation' liess sich z.B. visualisieren, wie schnell die ‚Wellenfronten' durch die Struktur aufgebrochen werden und sich der Schall diffus im Raum verteilt. Nachhallzeiten und andere Kriterien wurden ebenfalls simuliert, wobei die Strukturen im Raum modelliert, und nicht nur durch die Angabe von Streuungs-Koeffizienten auf den Wandflächen angenähert wurden.

Zur Bedämpfung des Saals sind Akustikrollos zwischen den Rückwänden und der Lamellenstruktur eingebracht. Soweit möglich sind sie doppellagig ausgeführt und können einzeln verfahren werden. Durch ihre Position hinter der Lamellenstruktur bleibt auch bei ausgefahrenen Akustikrollos ein dichtes Muster von (frühen) Reflexionen erhalten. Dies führt zu einem lebendig klingenden Saal - auch bei heruntergefahrenen Vorhängen und einer, über alles gesehen, kurzen Nachhallzeit.

Abbildung 2: Akustikrollos hinter den horizontalen Strukturen (links) und Blick auf den Balkon (rechts)

Messergebnisse

Die Messergebnisse zeigen die hohe Variabilität der Nachhallzeit im mittleren und oberen Frequenzbereich auf:

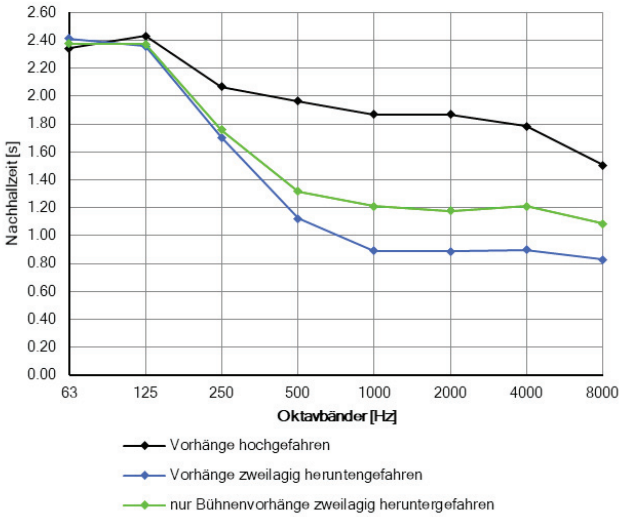

Abbildung 3: Nachhallzeitverlauf bei unterschiedlichen Einstellungen der Vorhänge im unbesetzten, aber mit absorbierender Bestuhlung ausgestatteten Saal

Der Effekt des Zusammenspiels von Struktur und Vorhängen zeigt sich deutlich auch im Stärkemass: Während sich dieses bezogen auf die ersten 80 ms (G_{Early}) zwischen hoch- und heruntergefahrenen Vorhängen nur um 2 dB unterscheidet, ist der Unterschied im späteren Zeitbereich wesentlich höher - mit heruntergefahrenen Vorhängen ist das Stärkemass G_{Late} 0 dB (siehe Tabelle 2).

Auch im Stage Support zeigt sich, dass die Differenz zwischen früher und später Unterstützung mit Vorhängen wesentlich höher ist. In der folgenden Tabelle sind die Werte angegeben:

	Vorhänge hochgefahren	**Vorhänge heruntergefahren**
G_{Early}	8 dB	6 dB
G_{Late}	6 dB	0 dB
G_{Total}	10 dB	7 dB
ST_{Early}	-9 dB	-12 dB
ST_{Late}	-11 dB	-16 dB

Tabelle 2: Stärkemass G und Stage Support ST, unbesetzter Saal, Oktavband 1 kHz

Paul Sacher Saal

Die katholische Don Bosco Kirche in Basel wurde 1935 von einem bedeutenden Schweizer Kirchenbauer, dem Architekten Harmann Baur, entworfen und steht unter Denkmalschutz. Massgabe der Umbauten war daher, dass der Bau substanziell erhalten bleibt und neue Einbauten grundsätzlich wieder entfernt werden können. Zudem müssen sich Umbaumassnahmen möglichst unauffällig in das Erscheinungsbild einpassen. Länge, Breite und Höhe des Saals waren damit festgelegt, die Geometrie wurde lediglich durch den Einbau einer Publikumstribüne und Aufbauten für die Bühne im ehemaligen Altarbereich verändert.

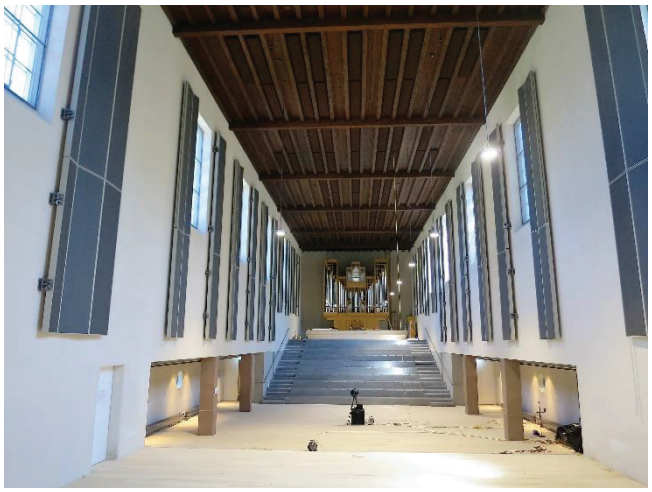

Abbildung 4: ‚Paul Sacher Saal' in der ehemaligen Don Bosco Kirche in Basel (Blick von der Bühne in den Saal)

Raumakustisches Konzept

Die Resultate einer Bestandsmessung vor dem Umbau zeigten eine Nachhallzeit um die 5s im Mitteltonbereich. Daraus entstand der Bedarf an absorbierenden Massnahmen an Decke und Wänden, um den Raum als Proberaum nutzen zu können. Gleichzeitig durfte aber für die öffentlichen Konzerte mit bis zu 500 Zuschauern die Nachhallzeit nicht zu kurz werden. Angestrebt wurde für Proben eine Nachhallzeit von 1.5s. Diese Grössenordnung ist auch passend für eine ausverkaufte kammermusikalische Aufführung. Die entsprechend notwendige Variabilität wurde durch grosse umklappbare „Fensterläden" geschaffen, die auf der einen Seite diffus streuend, auf der anderen Seite absorbierend wirken.

Einzelne Deckenfelder aus zementgebundenen Holzwolle-platten, farblich an die Holzdecke angepasst, wurden im Mittelschiff eingebracht. In den schmalen Seitenschiffen belegen Holzwolleplatten einen Teil der Decke. Die Wände der Seitenschiffe verfügen über einzelne absorbierende Paneele aus hinterfüttertem Wollgewebe. Für die Holzbänke sind Sitzkissen – welche zum Zeitpunkt der Abnahme-messungen noch nicht vorhanden waren – vorgesehen. Alle diese Elemente schaffen die Grundabsorption des Raumes.

Eine Vorgabe für die Akustik-Fensterläden war, dass sie höchstens 10 cm dick sein durften – zum einen, um die visuelle Wirkung als Fensterläden zu erhalten, zum anderen mussten Konstruktion, Aufhängung und Handhabung praktikabel bleiben. Die Fensterläden wurden aus Holz gefertigt und sind bis zu 7.8 m lang.

Die diffus streuende Seite der Fensterläden wurde im oberen Bereich als QRD-Diffusor ausgeführt. Aus den Design-überlegungen, die den Theorien von Dr. Trevor Cox und Dr. Peter D'Antonio [3] folgten, wurde eine QRD-Sequenz aus 23 Vertiefungen unterschiedlicher Tiefe entwickelt, die sich in einer ‚Barker'-Folge dreimal wiederholt. Unterhalb des QRD-Segments schliessen sich schräg gestellte Reflexionsflächen an.

Die andere Seite der Akustik-Fensterläden enthält Vertiefungen, die mit absorbierendem Material ausgefüllt sind.

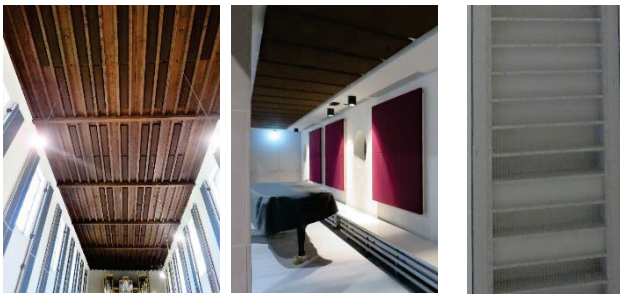

Abbildung 5: Holzwolle-Platten an der Decke (links), Absorptionsflächen im Seitenschiff (mitte) und Ausschnitt aus den QRD-Diffusoren (rechts)

Die Fensterläden bestehen aus zwei bis drei Teilflächen die leicht geknickt zueinander angeordnet sind.

Insgesamt sind 24 Akustik-Fensterläden montiert, die je nach Situation geöffnet oder geschlossen werden – die kürzeste Nachhallzeit für Proben entsteht bei vollständig geöffneten Fensterläden, so dass die Musiker bei Tageslicht üben können.

Messergebnisse

Bei der Interpretation der Messergebnisse im ‚Paul Sacher Saal' ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Messung die Holzbänke auf der Tribüne noch nicht mit Sitzkissen ausgestattet waren. Die Bestuhlung war damit schallhart, was die Vergleichbarkeit der Messergebnisse, insbesondere hinsichtlich Stärkemass und Stage Support einschränkt.

Die folgende Tabelle fasst die Werte zu Stärkemass und Stage Support zusammen:

	Läden zu	Läden offen
G_{Early}	6 dB	6 dB
G_{Late}	8 dB	0 dB
G_{Total}	10 dB	7 dB
ST_{Early}	-10 dB	-9 dB
ST_{Late}	-9 dB	-13 dB

Tabelle 3: Stärkemass G und Stage Support ST, unbesetzter Saal, Oktavband 1 kHz

Die folgende Abbildung zeigt die Nachhallzeiten bei unterschiedlichen Einstellungen der Fensterläden:

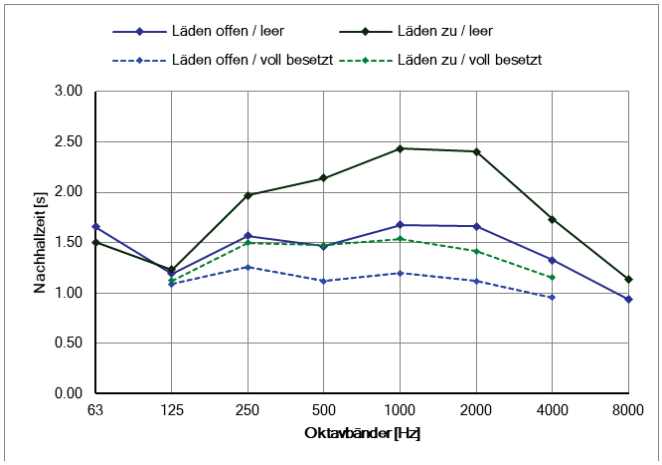

Abbildung 6: Nachhallzeitverlauf bei unterschiedlichen Einstellungen der Fensterläden im unbesetzten Saal (Messwerte) und mit 500 Personen besetzten Saal (Rechenwerte)

Der unbesetzte Saal kann mit Hilfe der absorbierenden Fensterläden auf eine passende Nachhallzeit für Proben eingestellt werden. Gleichzeitig liegt die Nachhallzeit im voll besetzten Saal auf dem angestrebten Niveau.

Rückblick auf das erste Betriebsjahr

Der ‚Konzertsaal Salquin' wird rege für Konzerte genutzt – erstmals dieses Jahr auch im Rahmen des Lucerne Festivals. Es finden Meisterklassen, Semester- und Abschlusskonzerte von Absolvent*innen und Workshops statt.

Der ‚Paul Sacher Saal' ist wie geplant Probesaal für verschiedene Orchester, u.a. für das Kammerorchester Basel und die Basel Sinfonietta. Der Veranstaltungskalender ist mit den unterschiedlichsten Konzerten gefüllt – von Konzerten des Kammerorchesters, bis hin zu Opern-Uraufführungen, Chor- und philharmonischen Konzerten.

Auch Corona-bedingt etablierte sich eine zusätzliche Nutzung des ‚Paul Sacher Saals': Er ist ein beliebter Aufnahmeraum für Tonträger verschiedener Ensembles geworden. U.a. wurde als Teil eines Zyklus' aller Schubert Symphonien in diesem Saal bereits die Symphonie No.7 mit dem Dirigenten Heinz Holliger und dem Kammerorchester Basel aufgenommen.

Literatur

[1] Norwegian Standard NS 8178:2014: Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance

[2] DIN 18041:2016-03: Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung

[3] Trevor J. Cox, Peter D'Antonio, Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application, Third Edition 2017