

Kollegium Spiritus Sanctus Brig

Maturaarbeit 2023/24

Hinter den Kulissen der Akustik

**Eine Vertiefung durch drei Arten von
Konzertsälen**

Von:

Déchanez Eva, 5B

Eingereicht im Fachbereich Musik

Betreut durch:

Lochmatter David

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
2. Akustik	4
2.1 Begriffserklärung	4
2.1.1 Bauakustik	4
2.1.2 Musikalische Akustik	4
2.2 Messbarkeit	4
2.2.1 Wissenschaftliche Messungen	4
2.2.2 Subjektive Messungen: menschliche Wahrnehmung	7
2.3 Eigenschaften einer guten Akustik	8
3. Die an der Gestaltung eines Konzertsaals beteiligten Akteure	10
3.1 Der Architekt	10
3.2 Der Akustiker	10
3.3 Der Bühnenbildner	11
3.4 Die Zusammenarbeit	11
4. Akustische Merkmale bestimmter Arten von Konzertsälen	12
4.1 Formen und Grössen	12
4.2 Einrichtung des Innenraums	17
4.3 Konfiguration der Musiker und des Publikums	18
5. Drei Arten von Musikräumen mit ihrem entsprechenden Musikstil und Beispielen	19
5.1 Symphoniekonzertsaal	20
5.1.1 Elbphilharmonie	20
5.2 Opernhaus	21
5.2.1 La Scala	22
5.3 Kammermusikräume	23
5.3.1 Wigmore Hall	24
6. Aktuelle Herausforderung	24
7. Fazit	26
8. Danksagung	27
9. Literaturverzeichnis	29
10. Abbildungsverzeichnis	31
11. Anhang	34
12. Authentizitätserklärung	40

1. Einleitung

Seit meiner Kindheit mache ich Musik. Ob allein, im Duett, in kleinen Gruppen oder in einer Gesellschaft – Querflöte spielen hat mir schon immer gefallen. Die Musik hat mich von klein auf begleitet, und mein Umfeld hat wahrscheinlich auch einen Teil dazu beigetragen. Meine Eltern machen beide Musik und schon im Bauch meiner Mutter wurden mir Lieder vorgespielt. Da mein Vater in der Harmonie von Sitten spielte, habe ich schnell den Wunsch entwickelt, mich ihm anzuschliessen. Später bin ich mehreren kleinen Musikvereinen beigetreten und habe in verschiedenen Orten wie Auditorien, Kirchen und Konzertsälen gespielt. Das Spielen in der Gesellschaft hat mir schon immer Spass gemacht und eines Tages würde ich gerne in einem grossen Saal mit guter Akustik spielen.

Im Dezember 2022 bin ich mit meiner Familie zu einem Konzert der Berliner Philharmoniker gegangen. Dort erlebten wir dank der gehörten Melodien einen magischen Moment. Der erste Punkt, der dieses Konzert fantastisch machte, war zweifellos das hohe Niveau des berühmten Orchesters, das uns dieses Konzert bot. Ein zweiter wichtiger Punkt war der Eindruck, den uns der Architekt, Hans Scharoun, durch die Gestaltung des Gebäudes vermitteln wollte. Der Saal ähnelt einem Zirkuszelt mit fünf Ecken und enthält viel Holz. Die Atmosphäre dort war warm und einladend. Was ich an diesem Saal fantastisch fand und noch nie zuvor anderswo erlebt hatte, war die Tatsache, dass ich dank der hervorragenden Akustik jedes Instrument deutlich hören konnte, obwohl ich weit von der Bühne entfernt war. Der Architekt hat auch darauf geachtet, dass jeder Zuschauer eine gute Sicht auf die Bühne hat, was nicht bei allen Sälen der Fall ist. Der Grosse Saal fasst 2440 Personen, und jede von ihnen sollte eine hervorragende Akustik geniessen können. Lothar Cremer ist der Akustiker, der eng mit Hans Scharoun zusammengearbeitet hat, damit der Saal eine unvergleichliche Atmosphäre erhält. Ich habe das gesamte Konzert genossen und hatte beim Verlassen des Saals wunderbare Erinnerungen.

Ich habe mich schon immer gefragt: "Warum klingt ein Saal anders als ein anderer?" und "Warum ist es in diesem Saal besser, ein Symphoniekonzert zu geben, aber keine Oper oder umgekehrt?". Diese Fragen gehören zu denjenigen, die ich in dieser Arbeit zu beantworten versucht habe.

Ausserdem ist mein Vater Architekt. Es hat mich immer fasziniert, wenn er an eine Wand klopft, „um den Klang zu hören“, oder wenn er sich über ein Gebäude wunderte, das für mich nicht besonders auffällig war.

Wie könnte ich meine Leidenschaft für Musik und mein Interesse an Architektur besser kombinieren als mit der Akustik? In diesem Thema werden beide Bereiche miteinander verbunden, um grossartige Erlebnisse zu schaffen. Auf diese Weise bin ich zu diesem Thema gekommen und habe den Wunsch entwickelt, mehr darüber zu erfahren.

Im Laufe meiner Arbeit werden Sie die Gelegenheit haben, zu erfahren, was Akustik ist und welche Faktoren sie beeinflusst. Nach der Lektüre dieser Arbeit sollte man die grossen Unterschiede zwischen einem Symphoniesaal, einem Opernsaal und einem Kammermusiksaal verstehen können und worauf diese zurückzuführen sind. Darüber hinaus werde ich drei verschiedene Räume vorstellen, die repräsentativ für eine gute Akustik sind. Abschliessend werde ich mich mit den aktuellen Entwicklungen im Bereich der Akustik beschäftigen und eine Schlussfolgerung beschreiben.

Um Informationen für diese Arbeit zu erhalten, habe ich mehr oder weniger bekannte Akustiker auf der ganzen Welt kontaktiert. Ich habe eine Antwort vom Architekturunternehmen Bonnard & Woelfrey bekommen, das mir von ihrem Beruf und ihrer Verbindung zu Akustikern erzählt haben. Ich fand ihren Kontakt, da sie für den Bau des neuen Konzertsaals *Cour de gare* in Sitten verantwortlich sind. Frau Geneviève Bonnard beantwortete meine Fragen und gab mir insbesondere den Kontakt des Akustikers Nicolas Gallaud weiter, mit dem sie beim Bau dieses

Projekts zusammenarbeiten. Er hat mich dann sehr gut informiert und ich habe während unseres Austauschs viel gelernt. Ich danke ihm herzlich dafür und überlasse es Ihnen, mit dieser Arbeit zu beginnen, um mehr über die Akustik von Konzertsälen zu erfahren. Gute Lektüre.

2. Akustik

2.1 Begriffserklärung

Die Akustik ist eine Wissenschaft, die sich dem Schall und den mechanischen Wellen widmet. (Techno-Science.net o.D.) Die mechanischen Wellen sind Störungen, die einen materiellen Raum benötigen, um zu existieren. (StudySmarter FR o.D.) Sie sind Klang- und Schwingungsphänomene, die durch die Wirkung einer anregenden Quelle erzeugt werden, die eine sich periodisch verändernde Energie ausstrahlt. (Val 2008, 11) Luftmoleküle, die durch die Vibration eines Materials in Bewegung gesetzt werden, erschüttern ihre Nachbarn und der Schall breitet sich mit einer Geschwindigkeit von 340 Metern pro Sekunde aus. Diese Vibrationen sind es, die das Trommelfell in Bewegung setzen und uns Klang hören lassen. (Commins 2018)

Das Fach der Akustik bezieht sich auf Probleme, die mit dem Umgang mit Lärm innerhalb eines Raumes zusammenhängen, aber auch auf Probleme mit Lärm, der den Konzertsaal verlässt und die Nachbarn stören kann. Die Akustik befasst sich mit der Wechselwirkung von Schallwellen mit ihrer Umgebung. (PYT Audio 2021)

2.1.1 Bauakustik

Diese Arbeit wird sich zum Teil mit der Bauakustik befassen, da sie sich mit der Gestaltung von architektonischen Räumen wie Konzertsälen beschäftigt, um deren Klangqualität zu optimieren. Da der Schall von seiner Umgebung abhängt, bezieht sich die Bauakustik auf jedes Gebäude, die verwendeten Materialien und die eingesetzten Systeme und Techniken. (Val 2008, 11) Sie ermöglicht es, den Weg, den die Wellen nehmen, zu berechnen und vorherzusagen. (Jougla 2013) Herr Nicolas Gallaud definiert die Bauakustik, sein Fachgebiet, als das Studieren und Lösen von Schwierigkeiten, die mit der Bewegung von Bauteilen unter dem Einfluss von Vibrationen verbunden sind. (persönliche Kommunikation, 24. August 2023)

2.1.2 Musikalische Akustik

Die musikalische Akustik wird jedoch stärker in den Vordergrund gerückt, da dieses Gebiet für dieser Teil für einen ersten Ansatz am konkretesten ist. Diese befasst sich mit der Ausbreitung von Musik an einem bestimmten Ort, den Sendern der musikalischen Akustik, vor allem den Instrumenten, und dem Empfang von Tönen. (Techno-Science.net o.D.)

2.2 Messbarkeit

2.2.1 Wissenschaftliche Messungen

2.2.1.1 Definitionen

Dezibel: Dezibel ist die Einheit des Schalldrucks, d.h. der Schallleistung einer Quelle. Damit kann man die Stärke des Schalls messen. (RTBF 2021)

Frequenz: Die Frequenz ist die Masseinheit für jedes periodische Phänomen, das eine bestimmte Anzahl von Malen pro Sekunde auftritt. Sie wird in Hertz ausgedrückt. (Val 2008, 96)

Reflexion: Reflexion ist die Änderung der Ausbreitungsrichtung einer Welle. Sie findet an der Oberfläche eines Ausbreitungsmediums statt, wo sie ein Teil ihrer Schallenergie verliert. (Val 2008, 199)

2.2.1.2 Die Theorie von Wallace Clement Sabine über die Nachhallzeit

Die Bauakustik hat schon lange eine Bedeutung für den Bau von Gebäuden, doch erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts erhielt sie durch Wallace Clement Sabine, ein amerikanischer Physiker eine wissenschaftliche Grundlage. Er wies darauf hin, dass einer der wichtigsten Punkte bei der Messung der Akustik in einem Raum die Nachhallzeit ist. (Berg 1998) Es ist eine objektive Grösse für das akustische Verhalten eines Raumes. Das ist die Zeit, in der die Schallreflexionen in zeitlich immer dichter Folge beim Zuhörer ankommen und so mit ihrer abnehmenden Intensität den Nachhall bilden. Nach dem Abschalten einer Schallquelle, z. B. am Ende eines Konzerts, nimmt der Pegel ab, bis er den im Raum vorhandenen Geräuschpegel erreicht. Diese Abnahme hängt nur von den Eigenschaften des Raumes und nicht von der Schallquelle ab. Mit der Theorie von Wallace Sabine konnte definiert werden, dass diese Nachhallzeit einer Veränderung von 60 Dezibel nach unten entspricht. 60 Dezibel entspricht in etwa der Dynamik eines grossen Orchesters. In Musikstücken ist es aber nicht sehr üblich, aufgrund der zeitlichen Abfolge der Noten, einen Abfall von 60 Dezibel auf einmal zu hören. Aus diesem Grund haben andere Experten die Theorie von Wallace Sabine weiterentwickelt, um sie an alle Situationen anzupassen. Zur Berechnung der Nachhallzeit verwenden sie beispielsweise die ersten 10 bis 20 Dezibel und berechnen daraus die Zeit für einen gleichmässigen Pegelabfall über 60 Dezibel (Meyer 2015, 148)

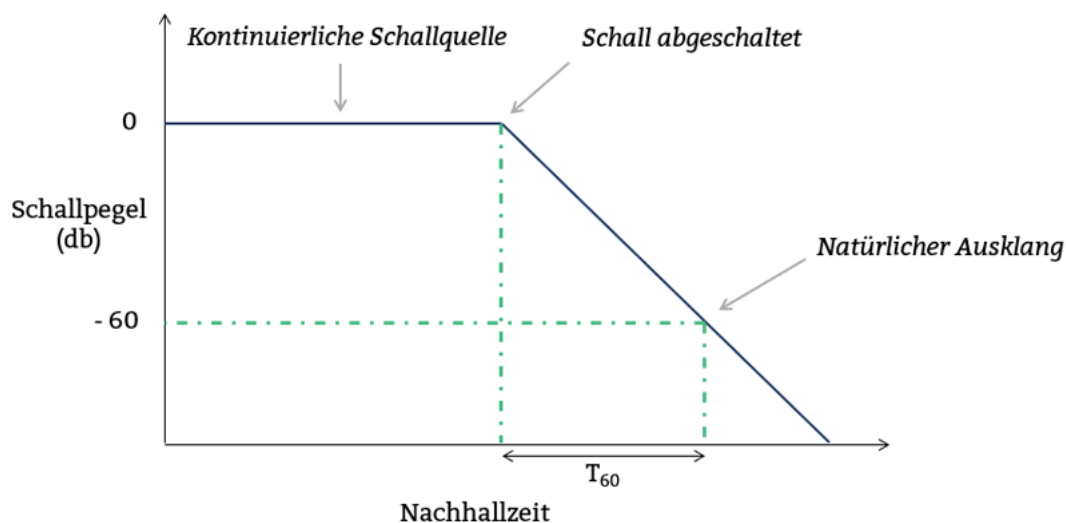


Abb. 1: Nachhallzeit - Abfall um 60 Dezibel nach dem letzten erzeugten Ton (PREFORM 2023)

Je schwächer die Reflexionen sind, z. B. durch stark absorbierende Wände, Böden oder Decken, desto kürzer ist die Nachhallzeit. Im Gegensatz dazu ist sie länger, wenn die Zeit zwischen den Reflexionen lang ist. Dies hängt von der Grösse des Raumes ab. Deshalb ist es beispielsweise in sehr grossen Kirchen schwierig, die Menschen klar zu verstehen, weil ihre Stimmen von den Reflexionen überlagert werden. (Meyer 2015, 148-149) Herr Wallace Sabine erkannte, dass sich die Nachhallzeit proportional zum Volumen und umgekehrt proportional zur Absorptionsfähigkeit der Oberflächenmaterialien verhält. (von Fischer 2009) Er schuf also eine wissenschaftliche Grundlage, um die Nachhallzeit eines Raumes zu bestimmen oder vorherzusagen. (Berg 1998)

Die Nachhallzeit ist ebenso wie die Absorption von der Frequenz abhängig. Die Frequenz einer gespielten Note bestimmt ihre Tonhöhe. Das bedeutet, dass tiefe Noten eine niedrigere Frequenz haben als hohe Noten. (Mangin 2018) Die Nachhallzeit ist bei niedrigen Frequenzen am längsten und verkürzt sich bei höheren Frequenzen. Dies ist für den Klangeindruck von

Bedeutung, da sie beim Ausklingen eine Veränderung der Klangfarbe bewirkt. (Meyer 2015, 148-149)

Nachdem ein Schall ausgesendet wurde, kommt der erste Rückwurf, d.h. die ersten Reflexionen, mit einer Verzögerung an. Zwischen diesem Schall und den Reflexionen gibt es also eine kleine Pause. Die Verzögerungszeit hängt von der Länge des Umwegs ab, den der Schall zurücklegen muss. Danach folgen weitere Rückwürfe in immer kürzeren Abständen, und das Ganze endet in einem gleichmässigen Nachhall. Die Form des Raumes und die Reflexionseigenschaften der Wände und der Decke sorgen dafür, dass die Intensität und der Zeitpunkt des Eintreffens von Raum zu Raum unterschiedlich sind. Je kürzer das Intervall zwischen dem Direktschall und der ersten Reflexion ist, desto näher fühlt sich das Publikum den Musikern akustisch.

Die Nachhallzeit ist ein wichtiges Kriterium für die akustische Qualität eines Konzertsaals. Akustiker müssen die richtige Mischung schaffen, damit der Nachhall nicht auffällt, sondern nur so genossen wird, wie er ist. Ein zu langer Nachhall verhindert, dass kurze Passagen deutlich hervortreten. Bei zu wenig Nachhall wird es dem Klang an Fülle und Kraft fehlen. Damit der Zuhörer einen guten Klangeindruck erhält, muss die Mitte zwischen diesen beiden Extremen gefunden werden. Der Gesamtklang sollte homogen sein, aber auch klar in rhythmischen oder mehrstimmigen Passagen. (Meyer 2015, 159-160) Die Nachhallzeit hängt von der Grösse des Raumes und dem Absorptionsgrad der Wände ab. (Jougla 2013)

Der Direktschall vermittelt Klarheit, insbesondere schnelle Notenfolgen und Transparenz, aber auch den Eindruck der Position der Musiker im Raum. Er vermittelt den Eindruck, dass das Orchester oder die Bühne dem Zuhörer nahe sind. Der Nachhall, d. h. die weiter verzögerten Reflexionen, füllen die Lücken zwischen den Noten. Dies verleiht der Melodie eine gewisse Kohärenz. Er vermittelt auch den Eindruck eines grösseren Volumens. (Meyer 2015, 155)

2.2.1.3 Einfache Definition von Schallwellen und ihrer Ausbreitung

Schall breitet sich gleichmässig aus, wenn er nicht auf Hindernisse stösst. Aus diesem Grund sind Konzertsäle so konzipiert, dass sie Reflexionen erzeugen, die den Nachhall bilden. Dieser verleiht der dargebotenen Musik mehr Tiefe und weniger Trockenheit. (Jougla 2013)

Der Klangeindruck, den wir beim Hören von Musik erhalten, wird durch den Schall hervorgerufen, der durch die Luft an unsere Ohren gelangt. Entscheidend sind die leichten Druckschwankungen, die sich dem stationären Druck der uns umgebenden Luft überlagern. Sie breiten sich in Form von Wellen im Raum aus. Sie erzeugen den Schalldruck. Druckschwankungen entstehen dadurch, dass Luftteilchen um ihre Ruhelage schwingen und so benachbarte Teilchen in ihre Bewegungsrichtung drücken. (Meyer 2015, 13)

Jeder Ton, ob er nun aus der Musik kommt oder nicht, existiert aufgrund von Schwingungen. Diese Schwingungen breiten sich von der Quelle des Tons, z. B. einem Instrument, auf die umliegende Umgebung aus. Sie versetzen andere Luftpartikel in Schwingung, die wiederum neue Luftpartikel in Schwingung versetzen. Das nennt man eine Schallwelle. Man kann sich das so vorstellen, wie wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Je weiter sich die Welle ausbreitet, desto schwächer wird ihre Intensität, bis sie schliesslich ganz verschwindet. In dem Moment, in dem sie an unsere Ohren gelangen, hören wir einen Ton. (Pilhofer 2020, 207)

Schallwellen haben unterschiedliche Längen, je nachdem, in welcher Höhe der Ton wahrgenommen wird. Je höher die Frequenz, desto kleiner ist die Länge. Im Gegensatz dazu wirken Instrumente bei niedrigen Frequenzen neben der Länge der Wellen eher klein, da diese mehrere Meter lang sein können. (Meyer 2015, 16)

Die Reflexion von Schallwellen hängt von den Wänden ab, auf die sie treffen. Die Wellen breiten sich geradlinig aus. Wenn ein Schallstrahl auf eine ebene Fläche trifft, wird er von dieser reflektiert. Der Einfallswinkel ist gleich dem Reflexionswinkel, wie es auch beim Licht der Fall ist. Es ist also möglich, durch entsprechende Ausrichtung der Fläche den einfallenden Strahl in jede beliebige Richtung zu lenken. Dieses Verfahren gilt in gleicher Weise, wenn zwei Wände im rechten Winkel zueinanderstehen. (Meyer 2015, 143)

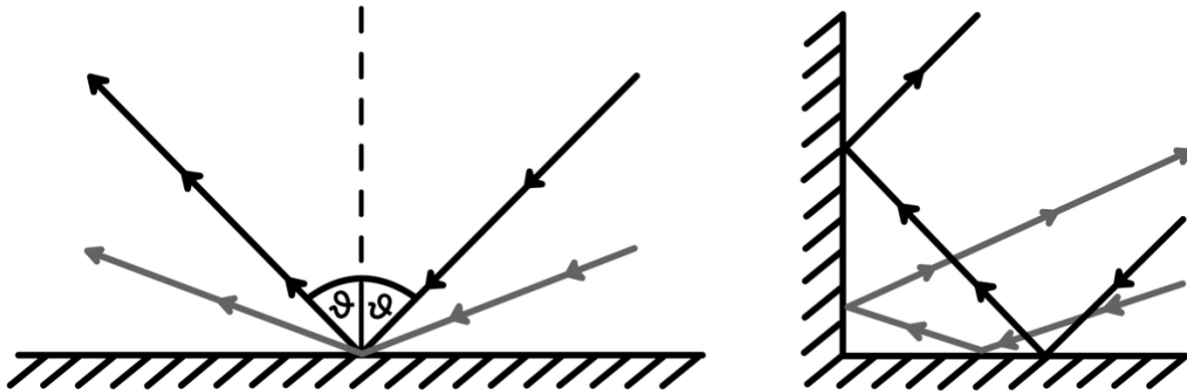


Abb. 2: Der Schall und seine Reflexion: Einfallswinkel = Ausfallwinkel (schematisch von mit, kopiert von (Meyer 2015, 143))

2.2.1.4 Akustikmessmethode

Um die Akustik eines Konzertsaals zu bewerten, gibt es verschiedene Methoden, aber die meisten bestehen darin, ein Signal auszusenden und an mehreren Punkten die zurückgewonnene Schallenergie zu messen. Die Analyse des Energieverlustes und/oder der Transmission, die durchgeführt wird, ermöglicht es, die Akustik der Umgebung zu messen.

Als Bauakustiker verwendet Herr Nicolas Gallaud kalibrierte Schallquellen. Diese Geräte senden eine Energie aus, die allen Frequenzbändern, d.h. allen existierenden Frequenzbereichen, gleichwertig ist. Um die Wirkung auf den Saal zu messen, verwendet er ein Schallpegelmessgerät. Dieses Messgerät enthält ein Mikrofon und einen Analysator. So kann in Echtzeit die Verteilung der Schallenergie geliefert werden. (persönliche Kommunikation, 24. August 2023)

Bis 1975 war es nur möglich, die einfachsten Faktoren wie die Lautstärke oder die Entfernung zwischen Zuhörern und Musikern vorherzusagen. Mithilfe von Computern ist es möglich geworden, die Reflexionen und die Ausbreitung von Schall viel genauer zu analysieren. Akustiker verwenden spezielle Programme, mit denen sie Daten erhalten, die es vorher nicht gab. Dies ermöglicht ihnen die Auswahl von Formen und Materialien. (Commings 2018)

Die Methoden zur Messung der Akustik sind vielfältig und könnten etwas genauer erläutert werden, um ihren Nutzen und ihre Anwendung wirklich zu verstehen, aber das würde zu weit vom Ausgangsthema abweichen. Ausserdem handelt es sich um eine Wissenschaft, die sich noch in der Entwicklung befindet. Es wird viel geforscht, weshalb dieser Abschnitt direkt von den subjektiven Messungen gefolgt wird, ohne zu sehr ins Detail zu gehen. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Akustik mit Hilfe von Akustikmessgeräten gemessen werden kann, dass aber auch die subjektive Meinung des Publikums und der Musiker berücksichtigt werden muss, was die Sache noch komplizierter macht, da es noch zu wenig Forschung zur menschlichen Wahrnehmung gibt.

2.2.2 Subjektive Messungen: menschliche Wahrnehmung

Die Akustik lässt sich zwar anhand physikalischer Parameter messen, ist aber grundsätzlich ein subjektiver Bereich. Lange Zeit entwickelten sich die Musik und die damit verbundenen Erfahrungen weiter, während die Architektur der Konzertsäle beiseitegeschoben wurde. Die

Akustik ist eine Materie, die sich mithilfe der Wissenschaft berechnen lässt, aber es gibt noch viel zu wenig bekanntes Terrain, in dem die persönliche Meinung eine Rolle spielt, da die Forschung noch nicht genau genug ist, um allen Prüfungen gerecht zu werden. Dennoch spielt die subjektive Meinung eine wichtige Rolle für einen guten Konzertsaal. (Jouglà 2013)

Eine perfekte Akustik für alle gibt es nicht oder zumindest noch nicht, was die Akustik zu einer komplizierten Wissenschaft macht. Richard Wagner hat es so ausgedrückt: „Die Musik ist die Sprache der Leidenschaft.“ (Richard Wagner o.D.) Jeder hat seine eigene Vorstellung davon, wie ein Raum klingen sollte, und diese Vorstellung unterscheidet sich von der eines Zuhörers, eines Musikers, eines Tonmeisters oder eines Architekten. Der Wunsch, eine perfekte Akustik zu schaffen, ist fast unmöglich, da die bestmögliche Akustik eine Frage des Geschmacks ist. Aus diesem Grund kann es so viele verschiedene Konzertsäle geben, wie es Menschen gibt, die sich für das Thema interessieren. Einige bevorzugen einen satten, kräftigen Klang, während andere eher auf Präzision und einen sanfteren Klang setzen. Man kann einen Raum als gut bezeichnen, wenn er die Anforderungen erfüllt, die an ihn gestellt werden. Gute akustische Räume erfüllen entweder die Anforderungen des Dirigenten oder die Klangerwartungen der Musiker. Es muss also von Anfang an klar sein, ob der Saal hauptsächlich für das Publikum geschaffen wird und somit eine schwierige Akustik für die Musiker bietet, oder ob der Dirigent den akustisch besten Platz einnimmt und seine Darbietung an den Saal anpassen muss. (Meyer 2015, 182)

Der Grund, warum man ein Konzert besucht, sei es wegen des Programms, der anwesenden Interpreten oder des bekannten Veranstaltungsortes, wirkt sich auf die Erwartungen aus, die man an das Konzert hat. Jeder hat seine eigenen Interessen, und je nach diesen Interessen erwarten wir bestimmte Aufführungen. Aus diesem Grund kann man die Akustik also als subjektiv bezeichnen. (Meyer 2015, 320) Man darf auch nicht vergessen, dass die Akustik nur ein Teil der Erfahrung ist. Für viele Menschen ist ein Konzert eine Gelegenheit, Menschen zu treffen. Architekten und Akustiker müssen daher zusammenarbeiten, um den Besuchern die Möglichkeit zu geben, in dafür vorgesehenen Orten soziale Kontakte zu knüpfen. (Lokki 2016)

2.3 Eigenschaften einer guten Akustik

Auf meine Frage nach den Faktoren, die zu einer aussergewöhnlichen Akustik beitragen, antwortete Herr Gallaud: "Leider oder glücklicherweise gibt es auf diese Frage so viele Antworten wie Zuhörer." Trotzdem gibt es einige Faktoren, die in jedem Fall berücksichtigt werden sollten. Ein angemessenes Verhältnis zwischen Breite und Tiefe, die Höhe der Decke und die Position der Wände ist sehr wichtig. All dies dient dazu, gute Reflexionen zu ermöglichen. (persönliche Kommunikation, 24. August 2023) Ein Raum, der keine Reflexionen erzeugt, klingt langweilig und leblos. Erst durch die Reflexionen, die hauptsächlich vom Boden, von den Wänden und von der Decke ausgehen, nimmt der Klang Gestalt an und wirkt natürlicher und lebendiger. (Spitzer 2014, 383) Es gibt keinen optimalen Konzertsaal, sondern nur gute unterschiedliche Konzertsäle.

Ein erster wichtiger Aspekt für eine gute Akustik im Saal ist, dass der Schall von der Bühne durch die von den Wänden erzeugten Reflexionen mehrfach zum Zuschauer übertragen wird. Die Reflexionen sorgen für Klarheit und Deutlichkeit. (Spitzer 2014, 390) Frühe Reflexionen an den Seitenwänden sind wichtig. Diese entstehen, wenn die Räume rechteckig sind oder wenn die Wände eines Raumes einen geringen Abstand zueinander haben sowie Reflexionen von den aus der Wand und der Unterseite von Rängen gebildeten Winkelspiegeln oder entsprechend ausgerichteten Wandgliederungen. Damit alle Plätze in einem Raum von ausreichend frühen Seitenreflexionen profitieren, kann die Raumtechnik mit "Weinbergstufen" eingesetzt werden. (Meyer 2015, 172) Die Reflexionen von Wänden und Decke sind gut, solange sie den Klang nicht verfälschen oder zu spät zurückkommen und als Echo gehört werden. Das ist kompliziert,

da das Echo ab etwa 25 Metern Laufwegunterschied des Schalls entsteht. Die Wände müssen aus diesem Grund richtig gerichtet und verkleidet werden, um dieses Phänomen zu vermeiden. (Spitzer 2014, 390)

Das Echo ist nicht gewollt, aber der Nachhall doch. Es ist eine Reflexion, die nicht als Schallverdopplung gehört werden soll, sondern soll auftauchen, so dass niemand es bemerkt. Wenn ein Konzertsaal keinen Nachhall besitzt, klingt der Schall leer und tot. Die Akustik muss so geplant werden, dass der Nachhall unbemerkt bleibt, (Spitzer 2014, 385-386) d. h., dass wenn er die richtige Länge besitzt, wird die Musik unterstützt. Leider ist er abhängig von der Musik, die gespielt wird, d.h. dass jede Akustik einen Musikstil gewidmet ist. (Spitzer 2014, 391) Laut Tateo Nakajima, einem Experten auf dem Gebiet der Akustik, liegt beispielsweise die ideale Nachhallzeit für einen Sinfoniekonzertsaal zwischen 1,9 und 2,2 Sekunden. (Pecqueur 2015, 69)

Laut Nagata Acoustics, dem Unternehmen, das beim Bau der Elbphilharmonie mit Herzog & De Meuron zusammenarbeitete, ist eine gute Akustik das Gleichgewicht zwischen Klangreichtum und Klarheit. Da diese beiden Konzepte im Gegensatz zueinanderstehen, da ein Raum mit zu viel Klangfülle an Klarheit verliert und umgekehrt, ist es nicht immer einfach, diese Balance zu erreichen. Den gewünschten Effekt erreicht man, indem man die frühen Reflexionen, die für Klarheit sorgen, mit den späteren Reflexionen, die einen Eindruck von Klangreichtum vermitteln, abstimmt. Durch Anpassung des Innenausbaus und die Verwendung massiver Konstruktionen kann die Nachhallzeit so eingestellt werden, dass sie für die Nützung des Raumes geeignet ist. Um die frühen Reflexionen anzupassen, sind Änderungen der Raumgeometrie erforderlich. (Services | Nagata Acoustics o.D.)

Ein weiterer Punkt, der die Aufgabe erschwert, ist die Sitzposition in einem Saal. Nicht alle Plätze haben die gleiche Akustik, da sie nicht alle zur gleichen Zeit die gleichen Reflexionen erhalten. Dies führt unter anderem dazu, dass die Preise steigen, je näher man sich in einem Saal der Mitte nähert. (Meyer 2015, 159-160) Die Akustik eines Konzertsaals ist gut, wenn sie den Zuhörern gefällt, aber das ist nicht genug. Man darf auch die Musiker nicht vergessen, die sich untereinander hören müssen. Für das gegenseitige Zuhören brauchen sie Reflexionen aus dem Nahbereich des Orchesters, denn wenn sie sich nicht oder nur verzögert hören, wird ihre Aufgabe sehr schnell kompliziert. Reflexionen gelten als ideal, wenn sich die reflektierenden Oberflächen in einem Abstand von sechs bis zwölf Metern befinden. (Meyer 2015, 174-175) Damit ein Konzert ausgewogen klingt, muss zwischen den einzelnen Instrumentengruppen ein dynamisches Gleichgewicht herrschen. Der Dirigent muss entscheiden, in Abhängigkeit vom jeweiligen Raum, mit welcher Dynamik die Musiker spielen sollen, wobei er sich bewusst sein muss, dass das, was er selbst hört, nicht dasselbe ist wie das, was die Zuschauer hören. (Meyer 2015, 323) Wenn der Raum eine eher grosse Resonanz hat, neigen die Musiker dazu, langsamer zu spielen. Umgekehrt werden Werke in trockeneren Sälen etwas schneller gespielt. (Pecqueur 2015, 73) Oft haben die Musiker die Möglichkeit, ihre letzte Probe direkt im Konzertsaal abzuhalten, aber das reicht dem Dirigenten nicht aus, um die Akustik jedes Platzes zu testen. Der Dirigent informiert sich in der Regel über die akustischen Eigenschaften des Ortes. (Meyer 2015, 159-160) Laut Pierre Boulez, der unter anderem Dirigent der New Yorker Philharmonie war, steht vor einem Konzert nur wenig Zeit zur Verfügung. Man muss also einen guten Sinn für Anpassung haben. (Pecqueur 2015, 73) Eine schlechte Akustik ist nicht nur für den Leiter und den Dirigenten ein Problem, sondern auch für die Musiker, die vielleicht ebenfalls die neue Akustik des Saals entdecken und nicht daran gewöhnt sind. (Meyer 2015, 159-160)

In der Oper belebt die theatralische Handlung des oder der Sänger die Aufführung. Bei einem Kammermusikkonzert spielt der enge Blickkontakt mit den Musikern eine wichtige Rolle. In einer Kirche ist es die Atmosphäre, die den Gesamteindruck massgeblich beeinflusst. Unter den

Räumen, an denen musikalische Aufführungen stattfinden, spielen grosse Symphoniekonzertsäle hinsichtlich der akustischen Eigenschaften eine besondere Rolle, da das Musikerlebnis des Zuhörers in diesen Sälen am wenigsten von visuellen Eindrücken beeinflusst wird. Dem musikalischen Erlebnis muss zusätzliche Aufmerksamkeit gewidmet werden, da es für den reibungslosen Ablauf des Konzerts notwendig ist. (Meyer 2015, 159-160) Jedoch spielt das Visuelle immer noch eine wichtige Rolle bei der Wahrnehmung von Musik. Man kann mit Licht und Farben spielen, um dem Raum eine bestimmte Atmosphäre zu verleihen. Beleuchtete Bereiche ziehen das Auge an und erhöhen die Aufmerksamkeit des Zuhörers in die beleuchtete Richtung. In einem dunkleren Raum ist es leichter, sich auf das beleuchtete Podium zu konzentrieren als auf den Rest. Die gesamte Inszenierung fördert die Wahrnehmung von Räumlichkeit. (Meyer 2015, 172) Der Einfluss der Sichtverhältnisse zwischen Publikum und Podium kann daher nicht geleugnet werden, ebenso wenig wie der architektonische Eindruck des Gebäudes.

Insgesamt haben sich die in den letzten Jahrzehnten gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisse positiv auf die architektonische Gestaltung neuer Gebäude ausgewirkt. Es wurde auch festgestellt, dass eine gute Akustik nicht dadurch erreicht werden kann, dass man nachträglich Details hinzufügt, sondern dass sie von der ursprünglichen Konzeption abhängt. (Meyer 2015, 320)

3. Die an der Gestaltung eines Konzertsaals beteiligten Akteure

3.1 Der Architekt

Beim Bau eines Gebäudes, sei es ein Konzertsaal oder ein beliebiges Haus, muss der Bau von einem Architekten beaufsichtigt werden. Dazu zieht er Ingenieure aller Art und Spezialisten wie Brandschutz- und Sicherheitsexperten, Bühnenbildner oder Akustiker hinzu. Frau Geneviève Bonnard von der Firma Bonnard et Woeffrey schrieb mir in einem Interview auf Französisch: "Für einen Konzertsaal ist die Zusammenarbeit mit einem Akustiker von entscheidender Bedeutung, um die richtige Akustik zu entwickeln und anzubieten." Sie fügt hinzu, dass sie während ihres Studiums die Grundlagen der Akustik lernen, aber das reicht nicht aus, um Projekte für Konzerthallen zu betreuen. Das Studium ermöglicht es ihnen, mit Akustikern zu sprechen und sie zu verstehen. (persönliche Kommunikation, 9. August 2023) Wie Schopenhauers berühmter Vergleich „Architektur ist gefrorene Musik.“ (Schopenhauer o.D.) zeigt, sind die beiden Fachschaften miteinander verflochten und brauchen sich oft gegenseitig. Man kann es mit Architekten und Akustikern vergleichen, die beide voneinander abhängig sind, um ihre Projekte erfolgreich abschliessen zu können.

Der Bau eines Konzertsaals ist der Traum vieler Architekten. Doch es ist nicht einfach, denn im Gegensatz zu anderen Gebäuden, die in jeder Form und Grösse gebaut werden können, folgt ein Konzertsaal den Gesetzen der Akustik. Aus diesem Grund wenden sie sich an Akustiker. (Briegleb 2016)

3.2 Der Akustiker

Der Beruf des Akustikers ist eher neu, denn bis ins 20. Jahrhundert hinein beschäftigte sich nur der Architekt mit dem Bau von Konzertsälen. Die Arbeit des Akustikers besteht darin, akustische und Schwingungsmessungen durchzuführen und Simulationen zu erstellen, die ihm bei seinen Analysen helfen. Anhand dieser Simulationen denkt er sich technische Verfahren aus, um die Akustik eines Ortes zu verbessern. Er empfiehlt die Verwendung bestimmter Materialien aufgrund ihrer isolierenden oder reflektierenden Eigenschaften und identifiziert

Lärmquellen. Sein Ziel ist es, die Einhaltung der geltenden Normen und Vorschriften durchzusetzen. (Lesparre o.D.)

Die Akustik kann in zwei Hauptzweige unterteilt werden: Der erste ist der Bereich Industrie und Wohnungsbau, für den Physiker benötigt werden. Der zweite ist eher künstlerisch und bezieht sich auf Akustiker, die sich auf Konzertsäle spezialisiert haben. (Pecqueur 2015, 67-68)

Die Arbeit des Akustikers als Teil einer Zusammenarbeit besteht darin, Vorschläge zu untersuchen, die eine Verbindung zwischen den Wünschen des Bauherrn und dem von den Architekten erdachten Design herstellen. Akustiker müssen die ersten geometrischen Angaben, die die Höhe, Breite und Tiefe des Saals regeln, an die Architekten weitergeben, damit der Saal proportional harmonisch und für das im Voraus geplante Musikprogramm geeignet ist. Ausserdem sind die projektspezifischen akustischen Probleme zu berücksichtigen. Der Akustiker Nicolas Gallaud, der am Projekt *Cour de gare* in Sitten arbeitet, muss einen speziellen Schallschutz verwalten, damit man während einer Aufführung nicht die Geräusche der Züge hört. Schliesslich wird eine akustische Innenbehandlung ausgearbeitet, um die "akustische Signatur" des Gebäudes zu schaffen.

Die Hauptansprechpartner, mit denen Akustiker zusammenarbeiten, sind das Architektenteam und spezialisierte technische Auftragnehmer wie Bühnenbildner, Bauingenieure und Lüftungstechniker. Natürlich sind sie auch von den ausführenden Firmen abhängig, die sich an den zuvor beschriebenen Arbeiten betätigen. (persönliche Kommunikation, 24. August 2023) Heutzutage sind Akustiker für Konzertsäle anerkannt und die bekanntesten unter ihnen werden genauso behandelt wie Architekten. Leider ist dies noch nicht bei allen der Fall, was zu einigen Kontroversen in diesem Gebiet führt. (Pecqueur 2015, 68)

3.3 Der Bühnenbildner

Von dem vorgestellten Trio ist der Bühnenbildner bei weitem am wenigsten vertreten. Es gibt nur sehr wenige Bauten, in denen der Name des Bühnenbildners genauso sichtbar ist wie der des Architekten. Dabei ist seine Rolle von entscheidender Bedeutung. (Pecqueur 2015, 63) Das Ziel der Arbeit eines Bühnenbildners ist es, der dargestellten Szene Charakter zu verleihen. Er kümmert sich um die Inszenierung und entwirft geeignete Bühnenbilder für alle Arten von Projekten. (IFFDEC o.D.) Er arbeitet an der Gesamtform, aber auch an den technischen Aspekten, die einen grossen Teil der Innengestaltung eines Saals bestimmen. Eines seiner Ziele ist es, den Zuschauern eine gute Sicht auf die Bühne zu ermöglichen, ohne ihnen das Gefühl der Nähe zu nehmen. (Pecqueur 2015, 63)

3.4 Die Zusammenarbeit

Bei der Planung von Konzert- und Opernhäusern ist die Beziehung zwischen Architekten und Akustikern oft bewegt. Beide haben unterschiedliche Prioritäten und Wünsche, die es manchmal problematisch machen, zu einer gemeinsamen Idee zu gelangen. Als ich Frau Bonnard mit dieser Tatsache konfrontierte, gab sie zu, dass jede Art von Zusammenarbeit Flexibilität und Zuhören erfordert, um die beste Lösung zu erreichen. Sie schien aber von diesem Problem nicht entsetzt zu sein und behauptete sogar, dass die Zusammenarbeit mit dem Akustiker Nicolas Gallaud des Projekts *Cour de gare* in Sitten, an dem sie arbeiten, gut verlaufe. (persönliche Kommunikation, 9. August 2023)

Der Akustiker sagt, dass ein herzliches Einvernehmen und gegenseitiger Respekt unerlässlich sind, damit die Zusammenarbeit funktioniert und das Ergebnis zufriedenstellend ist. Die Diskussion von Ideen und Vorschlägen bringt manchmal Schwierigkeiten mit sich, aber es liegt im Interesse aller Beteiligten, ein gutes Einvernehmen zu erzielen. Er betont, dass das Vertrauen zwischen den Baubeteiligten für den Komfort aller notwendig ist. Er unterstreicht dies mit grossen Beispielen aus der Akustik und der Architektur, wie Jean Nouvel und Motoo Komoda,

die bei mehreren grossen Raumprojekten zusammengearbeitet haben, da sie im Laufe ihrer Zusammenarbeit gelernt haben, den anderen besser zu verstehen, was seinen architektonischen Stil oder seine akustischen Ideen angeht. (N. Gallaud, persönliche Kommunikation, 24. August 2023)

Brigitte Métra, eine Architektin, die an der Seite von Jean Nouvel gearbeitet hat, sagte, dass die Aufgabe des Architekten darin bestehe, das Projekt zu überwachen, um Auge und Ohr zu vereinen, damit der Saal in allen Aspekten - Architektur, Bühnenbild und Akustik - gut aussehe. Sie fügte hinzu, dass es für den Bühnenbildner manchmal schwierig ist, die Änderungen des Akustikers zu akzeptieren, da dieser oft technische Geräte einbrachte, die den vom Bühnenbildner gewünschten Effekt unterbrachen. Deshalb denkt der Architekt nach, um Kompromisse zu schliessen, die allen gefallen. (Métra 2019)

4. Akustische Merkmale bestimmter Arten von Konzertsälen

4.1 Formen und Grössen

Allgemeines

Breite Konzertsäle sind aufgrund des gehörten Schalls zu vermeiden. Unser linkes Ohr hört etwas anderes als unser rechtes, da sie nicht gleichgerichtet sind. Wenn der Saal sehr breit ist, kommen die ersten Reflexionen von der Decke und die sind für unsere Ohren gleich. Im Gegenteil, wenn der Saal schmal ist, hören wir die Reflexionen von den Wänden zuerst und unsere Ohren hören nicht genau das Gleiche. Das ist bevorzugt, weil das Gefühl von Räumlichkeit dadurch entsteht, dass der Schall nicht gleichmässig in beiden Ohren ankommt. Unser Kopf hört lieber räumlich, sonst tönt es langweilig. (Spitzer 2014, 392)

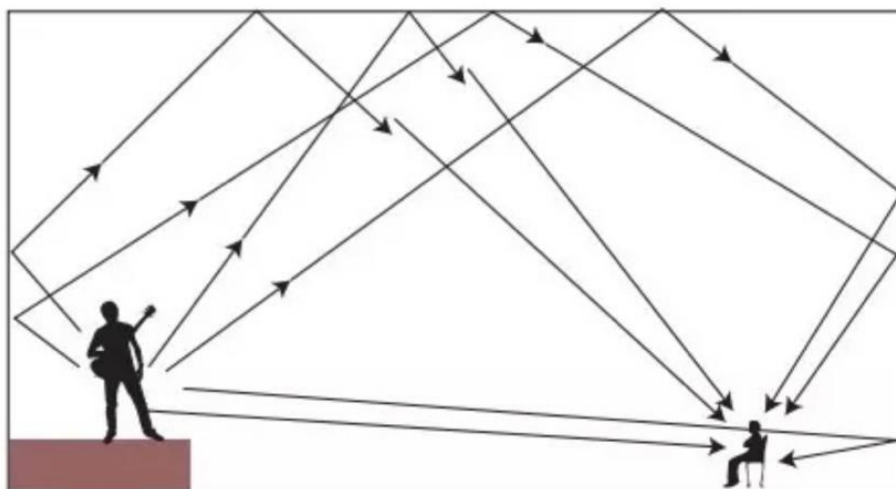


Abb. 3: Der Nachhall und die verschiedenen Reflexionen eines Schalls in einem Konzertsaal erzeugen einen Effekt von Räumlichkeit. (Foley 2019)

Die Grösse eines Konzertsaals ist nicht durch Normen geregelt, aber es gibt einige elementare Regeln, die, wenn sie nicht eingehalten werden, einige Probleme für den Saal mit sich bringen. Ein erster wichtiger Grundsatz ist das Volumen, das bei einem Konzertsaal mindestens 10 Kubikmeter pro Person betragen sollte, insbesondere um ein schönes Erlebnis für alle zu gewährleisten, aber auch aus akustischen Gründen. Im Vergleich zu einem Konferenzraum ist das Volumen eines Konzertsaals doppelt so gross. (Commins 2018) Daniel Commins, ein Ingenieur, der auf Konzert- und Opernhäuser spezialisiert ist, erklärt, dass ein Saal nicht breiter als 20-21 Meter sein sollte und dass die Zuschauer so nah wie möglich an der Bühne stehen sollten, damit sie nicht das Gefühl haben, weit weg zu sein, also nicht länger als 33 Meter.

(Pecqueur 2015, 69) Die ideale Sitzplatzzahl für einen Symphoniekonzertsaal liegt zwischen 1500 und 1800 Plätzen, damit das Publikum genügend Beinfreiheit hat und eine gute Sicht gewährleistet ist. Dies unterstreicht die Tatsache, dass man keine immens grossen Säle bauen kann. (Pecqueur 2015, 69)

Eine wichtige Voraussetzung für die Gestaltung eines Saals ist der Abstand zwischen der Bühne und dem am weitesten entfernte Zuhörer. Je kleiner dieser Abstand ist, desto besser. (Meyer 2015, 318) Das Gefühl der Intimität wird vom Publikum sehr geschätzt. In einem kleinen Saal, z. B. einem Kammermusiksaal, ist es eher erreichbar, da sich Intimität einstellt, wenn der Klang schnell zu den Zuhörern gelangt. In einem grossen Saal kann sie auch erreicht werden, z. B. durch einen Kronendach, der einen starken und schnellen Nachhall ermöglicht. (Berg 1998) In einem Raum mit üblichen Raumtemperaturen gibt es einen Durchschnittswert für die Schallgeschwindigkeit von 340 Meter pro Sekunde. Das bedeutet, dass eine Person, die sich 34 Meter von der Bühne entfernt befindet, den Ton mit einer Verzögerung von 1/10 Sekunde hört, was einer Sechzehntelnote entspricht, die im Tempo von Viertel bei 152 gespielt wird. Bei dieser Entfernung ist das menschliche Auge nicht in der Lage, die unterschiedlichen Fingersätze der Musiker zu visualisieren, daher ist dies kein grosses Problem. Je weiter man sich jedoch von der Bühne entfernt, desto grösser wird diese Zeit und desto grösser ist die Latenz zwischen der von den Musikern gespielten Musik und dem Moment, in dem der Hörer sie hört. (Meyer 2015, 15)

Für Kammermusikensembles sind Abstände von drei bis sechs Metern zu den reflektierenden Wänden vorteilhaft. Bei Orchestern hingegen ist es besser, wenn die Wände das Orchester direkt umgeben, denn wenn die Abstände zwischen dem Orchester und den Wänden zu gross sind, haben die Streicher in der Mitte eine ungünstige Akustik, da die hinteren Streicher nicht laut genug klingen und die Bläser ein Gefühl der Ungenauigkeit vermitteln würden.

Die Bedingungen in einem Chor sind ähnlich wie in einem Orchester. Für Sänger sind frühe Reflexionen günstiger, als späte Reflexionen, da es sich um hochenergetische Reflexionen handelt, sie haben mehr Kraft, als verzögert eintreffende Reflexionen. Seitliche Reflexionen sind wegen der Richtwirkung der Stimme effektiver als Reflexionen von der Decke oder den Rückwänden, weil sie den Schall in die gewünschte Richtung lenken. Decken- und Rückwandreflexionen lenken den Schall in verschiedene Richtungen, was die Fokussierung der Stimme beeinträchtigen kann. Trotz dieser Informationen kann man feststellen, dass viele Konzertsäle diese Massnahmen nicht befolgen und höhere Decken über dem Podium haben. Das liegt daran, dass hohe Decken für die Zuhörer klangliche Vorteile haben und der Dirigent einen besseren Klangeindruck hat. (Meyer 2015, 176-178)

Sinfoniekonzertsäle

Die ersten Sinfoniekonzerte wurden anfangs an den Fürstenhöfen aufgeführt. Die ersten Symphoniekonzertsäle wurden Ende des 17. Jahrhunderts in England errichtet. Da sie ein grosses Publikum empfangen, war ihre Akustik eher trocken, mit einer kurzen Nachhallzeit. Die Bühne lag etwas höher als das Publikum. Trotz der Tatsache, dass diese Konzerte öffentlich waren, besuchten vor allem Zuschauer aus wohlhabenden Gesellschaftsschichten die Sinfoniekonzertthäuser. Der erste schuhkartonartige Saal, in dem das Publikum in zwei sich gegenüberliegende Ränge aufgeteilt ist, wurde 1781 eröffnet. Es handelt sich um das Gewandhaus in Leipzig. In der Folgezeit wurden viele weitere Säle nach diesem Modell gebaut, die noch heute für ihre wunderbare Akustik bekannt sind, wie z. B. der Wiener Musikverein. (Pecqueur 2015, 27-31) Nach zahlreichen Entwürfen für Säle, die viel grösser waren als zuvor, ging Hans Scharoun 1963 neue Wege und liess die Berliner Philharmonie bauen. Es ist der erste „Weinberg“-Saal. Das Publikum befindet sich rund um die Bühne. Dieser Grundriss begünstigt

den direkten Klang, aber wenn man sich hinter dem Orchester befindet, kann der Klang etwas unausgewogen erscheinen. Dieser Saal schafft eine neue Beziehung zwischen der Musik und dem Publikum. Seitdem wird das Prinzip sehr geschätzt und an anderen Orten nachgeahmt. In den Folgejahren bauten die Architekten hybride Säle, die zwischen dem Schuhkarton- und dem Weinberggrundriss variierten und eine neue Note hinzufügten, entwarfen aber auch polyvalente Säle, in denen Opern und Symphoniekonzerte stattfanden. (Pecqueur 2015, 36-39) Die ersten Konzertsäle hatten fast alle eine rechteckige Form und eine flache Decke, auch weil sie sich leichter in das Gesamtkonzept eines grossen Gebäudes einfügen liessen. Seit der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts ist eine gewisse Diversifizierung eingetreten dank der Erkenntnisse über die Akustik von Sälen und Musikinstrumenten, der Möglichkeiten der akustischen Messtechnik und der Computersimulation.

Heute sind die beiden am häufigsten verwendeten Saaltypen, denen eine gute Akustik nachgesagt wird, die zwei folgenden:

- Rechtecksäle, die sogenannten „Shoebbox Halls“, die nach ihrer Schuhkartonform benannt sind, haben parallele Längswände und enthalten oft eine oder zwei schmale Galerien. Manchmal befindet sich eine Empore im hinteren Teil der Saal. In der klassischen Form ist die Decke flach. Bei neueren Sälen ist sie manchmal gewölbt. Das Podium befindet sich gegenüber der Stirnwand des Saals.
- Arena-Säle, auch nach ihrer Weinbergform genannt, bei denen sich die Bühne in der Mitte des Raumes befindet und die Zuschauer um sie herum verteilt sind. Sie sind oft in kleine Gruppen aufgeteilt. Häufig ist die Decke zeltförmig, sodass der höchste Punkt des Saals über dem Orchester liegt. Aus diesem Grund sind Hängereflektoren erforderlich. (Meyer 2015, 317)

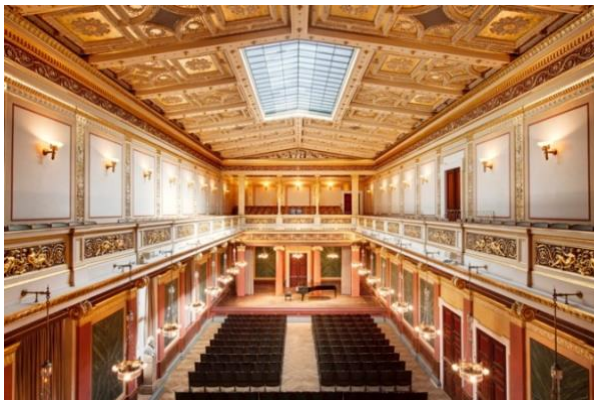


Abb. 4: Brahms-Saal des Wiener Musikvereins nach der „Shoebbox Hall“ Model (Grabner o. D.)



Abb. 5: Die Philharmonie Berlin mit einer Weinbergform (Wagner 2021)

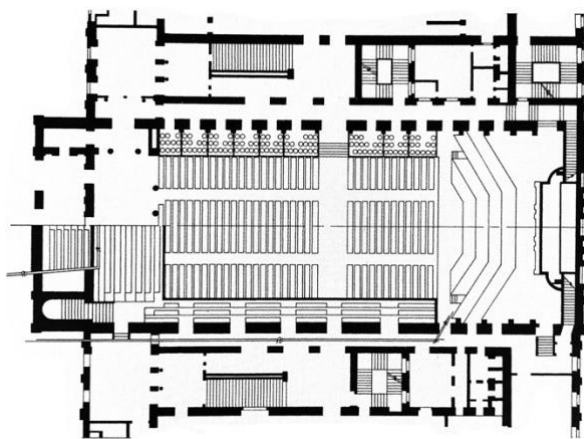


Abb. 6: Der Plan des Musikvereins (Pecqueur 2015, 45)

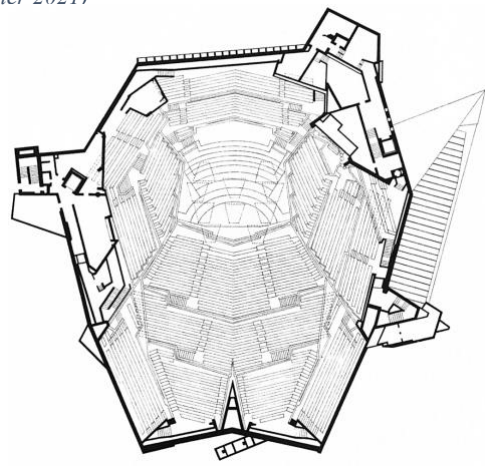


Abb. 7: Der Plan der Berliner Philharmonie (Pecqueur 2015, 45)

Diese Formen sind die am häufigsten verwendeten, aber es gibt natürlich auch andere, etwas weniger bekannte Modelle, die ebenfalls verwendet werden können. (Meyer 2015, 317)

Es gibt bestimmte Formen, die man in einem Saalbau vermeiden sollte, da sie für Konzertsäle ungeeignet sind. Dazu gehören z. B. konkave Formen oder parallel verlaufende, nackte Wände. Diese Formen verursachen unangenehme Reflexionen. (Commins 2018)

Der Unterschied in Richtung und Höhe der Hörschwelle zwischen Spielern verschiedener Instrumente sowie die Tatsache, dass die von Blasinstrumenten abgestrahlte Energie höher ist als die von Streichinstrumenten, stellt in manchen Konzertsälen ein Problem für die Klangbalance dar. Bläser können so laut wahrgenommen werden, dass die Streicher sich selbst nicht spielen hören und den Druck auf ihre Bögen erhöhen. Deshalb sollten die Deckenflächen über den Streichern den Schall gleichmässig in den Bereich der Streicher streuen, indem sie richtig strukturiert werden. Durch die gleichen Flächen sollte der Schall der Bläser zum Publikum geleitet werden. (Meyer 2015, 179)

Opernhäusern

Um die Form von Opernhäusern zu analysieren, muss man in der Zeit zurückgehen. Jacopo Pieris Euridice in Florenz gilt als die erste Oper der Geschichte und entstand im Jahr 1600. Der Bau von Opernhäusern begann in Italien. Die ersten wurden von der Antike inspiriert, indem sie die Architektur von Amphitheatern nachahmten. Der Hauptunterschied bestand darin, dass sie überdacht waren. Nach den amphitheaterartigen Sälen entstanden die hufeisenförmigen Säle. (Pecqueur 2013, 8) Das erste war das Theater San Giovanni e Paolo in Venedig, das 1654 eingeweiht wurde. Es entstehen Theater mit Logen. Diese werden von den Italienern wegen ihrer Intimität und ihres Luxus sehr geschätzt. Leider sind sie anfangs akustisch schlecht. Die Opern wurden immer beliebter und es wurden immer grössere Säle gebaut. Einige Säle haben eine elliptische Form, aber die Säle, welche sich am meisten durchsetzen sind hufeisen- und u-förmigen Säle. Die beiden Formen ähneln sich, aber das u-förmige Modell ist eine etwas offenere Form als das klassische Hufeisenmodell. Die Schaffung von Opern verbreitete sich schnell in anderen Ländern und jedes Land passte sie seinen Wünschen an. Die Besonderheiten des jeweiligen Ortes finden sich auch in der Gestaltung des Zuschauerraums wieder. Im Gegensatz zu den Italienern, die die Intimität ihrer Logen lieben, schätzen es beispielsweise Franzosen und Deutsche, in der Öffentlichkeit gesehen zu werden. Aus diesem Grund werden in diesen Ländern eher Säle mit Galerien statt Logen gebaut. Diese hufeisen- und u-förmigen Entwürfe werden auch heute noch verwendet. (Pecqueur 2015, 15-17)

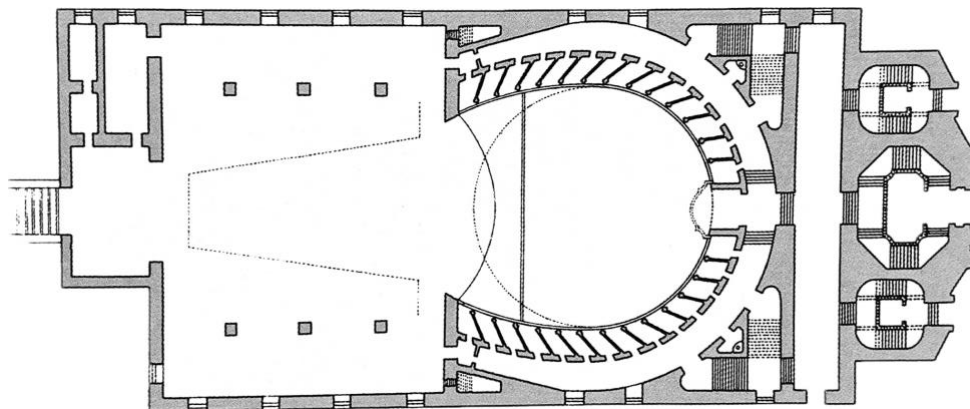


Abb. 8: Neapels hufeisenförmiges Teatro San Carlo (Pecqueur 2015, 16)



Abb. 9: Das Opernhaus in Zürich mit einer U-förmigen Anordnung (Opernhaus Zürich, o. D.)

Kammermusikkonzertsäle

Damals hatten die Säle eine Höhe von etwa vier bis acht Metern und ein Gesamtvolumen von 200 bis 1000 Quadratmeter. Sie waren für kleine Ensembles konzipiert. Die Nachhallzeit und das Zeitintervall zwischen den Reflexionen waren relativ kurz, um einen direkten Klangeffekt zu ermöglichen. Im Gegensatz zu früher, als Kammermusikkonzerte in den tapezierten Zimmern des Adels stattfanden, sind moderne Kammermusiksäle für eine grössere Anzahl von Zuhörern ausgelegt, die zwischen 300 und 600 Personen betragen kann. Die Nähe der Zuhörer zum Podium ist ebenfalls ein wichtiges Gestaltungskriterium, um eine intime Atmosphäre zu schaffen. Die Kammermusikräume haben weniger spezifische Merkmale als die beiden anderen vorgestellten Räume, da sie sich stark an den Symphoniekonzertsälen orientieren und beispielsweise dem Schuhkartonmodell folgen. (Meyer 2015, 194-195) Heutzutage gehört zu fast jedem Sinfoniekonzertsaal auch ein Kammermusikkonzertsaal, um das musikalische Repertoire, das im selben Komplex aufgeführt wird, zu erweitern.

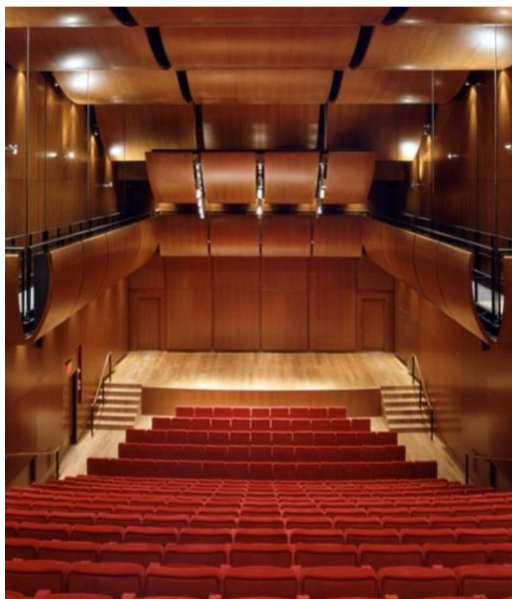


Abb. 10: Die Gilder Lehrmann Hall in der Morgan Library Hall in New York, die Eleganz und Diskretion vereint. (Eberle, 2021)



Abb. 11: Die JS Chamber Music Hall, entworfen von Zaha Hadid, innoviert mit einer Spiralform, ein modernes Projekt, das 2009 realisiert wurde. (Hadid, 2014)

4.2 Einrichtung des Innenraums

Die Auswahl der Materialien für einen Konzertsaal ist ein wichtiger Schritt, sowohl weil sie die Akustik beeinflussen als auch damit sich der Zuhörer im Saal wohlfühlt. "Der Saal sollte sich der Musik anpassen – und nicht umgekehrt." (KKL Luzern Management AG o.D.) Der Saal muss in der Lage sein, das Orchester in seiner Dynamik und Klarheit zu unterstützen.

In den meisten grossen Sälen wird viel Holz verwendet, da es zum Nachhallen geeignet ist. Daniel Commins rät, aus akustischen Gründen kein Sperrholz oder Formholz zu verwenden, sondern z. B. Eichenholz. Manchmal wird auch Stein verwendet, aber man sollte darauf achten, dass er nicht zu glatt ist, da der Klang sonst zu hart wird. Ein Material, das man vermeiden sollte, ist Metall, da es den Klang verfärbt. Dies ist derzeit eine Herausforderung, da viele Räume technische Geräte enthalten. (Pecqueur 2015, 69)

Da in Konzertsälen Reflexion erforderlich ist, sind die Wände der Säle so beschaffen, dass sie den Schall reflektieren, sie sind also hart. Der einzige Ort, an dem sich absorbierende Materialien befinden, sind die Sitze, die aus weichem Material bestehen. (Classic FM o.D.)

Fast alle Materialien weisen eine Absorption auf, die von der abgestrahlten Frequenz abhängt. Wie beim Licht hängt der Anteil der reflektierten Energie von der Beschaffenheit der Wände ab. Der Grad der Absorption ist je nach Frequenz unterschiedlich. Schallkomponenten unterschiedlicher Tonhöhe werden von ein und demselben Material nicht auf die gleiche Weise geschluckt oder reflektiert. Nur sehr harte Materialien wie Beton, Marmor oder verputzte Steinwände reflektieren den Schall aus allen Tonhöhenbereichen fast ungedämpft. (Meyer 2015, 147-148) Das Publikum ist eine grosse Absorptionsquelle, es absorbiert alle Töne ab etwa 500 Hertz, und je grösser der Raum, desto mehr Zuschauer, immer mit der gleichen Anzahl, erhöhen ihre Absorptionsfähigkeit. (Meyer 2015, 147-148)

Ein weiteres Qualitätskriterium ist das subjektive Gefühl, dass sich der Schall im ganzen Raum verteilt. Technisch gesehen geschieht dies, wenn die ersten Reflexionen, die die Ohren der Zuhörer erreichen, von der Seite kommen und erst danach die Reflexionen von oben eintreffen, wie zuvor bereits erwähnt. Dadurch entsteht die vom Publikum geschätzte Räumlichkeit. Um diese seitlichen Reflexionen zu unterstützen, können glatte, flache Reflexionsflächen verwendet werden. Es gibt sie in vielen Arten und Materialien, wie z. B. polierte Steinplatten, speziell imprägnierte Holzflächen, aber auch die Belegung der Wandflächen mit Gipskacheln mit einer abgestuften Tiefenstruktur. Je feiner die Oberflächen sind, desto besser ist der Klang. (Meyer 2015, 319) Die Masse eines Reflektors spielt eine wichtige Rolle für seine Funktion. Ein Reflektor für mittlere und hohe Frequenzen sollte ein Flächengewicht von mindestens 10 Kilogramm pro Quadratmeter haben, was in etwa einer 12 Millimeter dicken Holzplatte entspricht. Dies ist ein Beispiel für eine flache Oberfläche, aber um die Schallenergie nach allen Seiten zu verteilen, sind Oberflächen, die durch kleine vorspringende oder zurückgesetzte Flächen strukturiert sind, besser geeignet. (Meyer 2015, 145)

Das Vorhandensein von Reflektoren in einem Raum kann auch sehr praktisch sein, um einen Konzertsaal an das gespielte Repertoire anzupassen. Für romantische Musik ist eine gewisse Raumhöhe wünschenswert, damit der Klang eine grosszügige Resonanz hat. Im Gegensatz dazu wird die Durchsichtigkeit von klassischer Musik durch weniger verzögerte Reflexionen begünstigt, wie sie z. B. in eher flachen Räumen vorkommen. Mithilfe von Reflektoren, deren Position verändert werden können, ist es möglich, die Höhe des Raumes zu erhöhen oder zu verringern. Dadurch kann die Klangfarbe der Musik variieren. (Meyer 2015, 172) Für Reflektoren über einem Orchester ist eine Höhe von acht Metern vorteilhaft, um Reflexionen in der Nähe des Orchesters zu erhalten und ein angenehmes Hören zwischen den Musikern zu gewährleisten. (Meyer 2015, 174-175)

So wie sich die Musikstile weiterentwickelt haben, hat sich auch der Geschmack von Musikern und Zuhörern im Laufe der Zeit verändert. Diese Diversifizierung hat zu einer gewissen

Variabilität der aufführbaren Stücke geführt, die jeweils unterschiedliche akustische Bedingungen erfordern. Um mit diesem Spielraum, der unterschiedliche Nachhallzeiten erfordert, bespielen zu können, wurden neue Technologien eingesetzt, die den Fortschritt von morgen darstellen. Dazu zählen unter anderem die nicht ungewöhnlichen, einziehbaren Absorptionsvorhänge, mit denen die Nachhallzeit verkürzt werden kann. (Meyer 2015, 167) Vorhänge sind sehr beliebt, da sie eine praktische Lösung sind, die die Konstruktion des Raumes nicht verändert und die Akustik des Raumes beeinflusst, indem sie hohe Töne absorbieren, da sie porös sind. (Meyer 2015, 147-148)

Es existieren auch zusätzliche Hallkammern, die den Nachhallzeit eines Raumes erhöhen. Dies sind zusätzliche Räume ausserhalb des Saals, die an die Bedürfnisse des Konzerts angepasst werden können, indem sie ganz oder teilweise mit schweren Betontüren verschlossen werden. Dank dieser Hallkammern sinkt der Schallpegel langsamer wieder ab, da der Schall in diesem Raum verbleibt. Mit diesen Einstellungen können die richtigen akustischen Bedingungen geschaffen werden. (Meyer 2015, 319)

Es gibt auch die Möglichkeit, eine elektroakustische Anlage zu verwenden. Sie wird eingesetzt, um die Nachhallzeit zu erhöhen. Mikrofone nehmen einen Teil des Schallfeldes auf und geben es mithilfe von Lautsprechern wieder ab. Dies geschieht häufig in Räumen, die so gross sind, dass die Schallenergie eines Orchesters oder eines Solisten nicht mehr ausreicht, um eine ausreichende Intensität für die am weitesten von der Bühne entfernten Sitzplätze zu erreichen. (Meyer 2015, 167)

Auch die äussere Umgebung eines Konzertsaals wirkt sich auf den Klang im Inneren aus, aber dank spezieller Techniken kann sichergestellt werden, dass keine Geräusche übertragen werden. (N. Gallaud, persönliche Kommunikation, 24. August 2023) Das häufig verwendete Prinzip der Raum-in-Raum ist eine Technik zur Schalldämmung, bei der eine völlig unabhängige Struktur innerhalb eines bereits bestehenden Raumes geschaffen wird (isolation FRANCE 2013), sodass sich die Geräusche weniger ausbreiten können, weil es zwei Wände aus absorbierendem Materialen gibt, zusätzlich zu einem Hohlraum dazwischen, in dem Luft als absorbierendes Material fungiert. (Berg 1998) Durch die Schaffung eines solchen Raumes wird die Übertragung von Geräuschen und Vibrationen von aussen in den Raum und umgekehrt verhindert. (isolation FRANCE 2013) Diese Technik wird für das Projekt *Cour de gare* in Sitten verwendet, um sich vor Aussenlärm zu schützen, wie z. B. den Eisenbahnen, die direkt nebenan liegen, aber auch um andere Funktionen des Gebäudes zu schützen, wie beispielsweise die Belästigung durch das Foyer (G. Bonnard, persönliche Kommunikation, 9. August 2023).

4.3 Konfiguration der Musiker und des Publikums

Ein Orchester ist eine sehr komplizierte Klangquelle, da es aus einer Vielzahl von Instrumenten besteht, die unterschiedliche Klangeigenschaften, Klangfarben und verschiedene Richtungen für die Schallabstrahlung haben. Ausserdem haben nicht alle Register die gleiche Anzahl an Musikern und sind nicht jedes Mal auf die gleiche Weise platziert. Mit all diesen Schwierigkeiten müssen die Gestalter des Saals ihre Pläne machen, damit der Zuhörer einen ausgewogenen Klang erhält, der ihn von der Interpretation der gespielten Stücke überzeugt. Dazu müssen Lautstärke, Klangfarbe und Klarheit der Musik das richtige Gleichgewicht für den gewünschten Kompositionsstil finden. (Meyer 2015, 253-254)

Für die Aufstellung der Instrumente im Orchester gibt es nicht eine einzige Regel, sondern vielmehr eine Vielzahl von Optionen, wie die verschiedenen Instrumentengruppen platziert werden können. Nicht nur der Klang und die Spieltechnik, sondern auch die Form und Grösse des verfügbaren Raums spielen eine Rolle bei der Wahl der Aufstellung der Instrumentalisten. Es gibt keine perfekte Aufstellungsart, sondern nur unterschiedliche akustische Bedingungen, so dass in jedem Raum eine Anpassung der Orchesteraufstellung erforderlich ist. Welche

Aufstellung ein Dirigent bevorzugt, hängt von seiner Interpretation ab. In den meisten heutigen Konzertsälen findet man die Streicher direkt vor und um den Dirigenten herum. Dahinter befinden sich die Holzbläser und Hörner und in der letzten Reihe die schweren Blechbläser und das Schlagzeug. Innerhalb des Registers der Streicher und Bläser kann die Anordnung stark variieren. (Meyer 2015, 203) Wenn die Bläser im Vergleich zum Rest der Musikvereins hoch platziert sind, erreichen sie die Zuhörer lauter, da der Schallweg direkt ist. Dies ist also gut für grosse Streicherregister, aber wenn das Streicherensemble eher klein ist, sollten die Bläser flach aufgestellt werden, damit sie nicht die Oberhand über die Streicher gewinnen.

Das Publikum nimmt die Musik je nach Sitzposition unterschiedlich wahr. Wenn die Zuhörer hoch sitzen, werden sie eher vom direkten Klang der Bläser berührt. Befindet sich ein Grossteil der Zuschauerplätze hinter dem Orchester, führt eine steilere Reihe von Bläsern zu einer Abschattung der Streicher, was aber kein Problem darstellt, da Bläser den Schall nach vorne abstrahlen. (Meyer 2015, 254)

Die Platzierung des Publikums ist bereits Teil der anfänglichen Überlegungen zur Form eines Saals. Ein Saal in Form eines Weinbergs wird ganz anders aussehen als ein Saal in Form eines Schukartons, daher muss die Platzierung bereits vorher durchdacht sein.

5. Drei Arten von Musikräumen mit ihrem entsprechenden Musikstil und Beispielen

Für einen Kongresssaal ist eine kurze Nachhallzeit notwendig, um die Klarheit der Rede zu gewährleisten. Im Gegensatz dazu erfordert der runde, volle Klang, der in der romantischen Musik gewünscht wird, wie in einer Symphonie von Mahler oder einer Oper von Wagner, eine längere Nachhallzeit. Um klare Passagen für schnelle Ausschnitte aus Bach oder Mozart zu erhalten, wird eine Nachhallzeit benötigt, die weder zu lang noch zu kurz ist und zwischen den beiden oben dargestellten Beispielen liegen wird. (Berg 1998) Aufgrund oder wegen all dieser unterschiedlichen akustischen Anforderungen werden verschiedene Konzertsäle gebaut. Im Folgenden erfahren Sie mehr über drei bestimmte Arten von Konzertsälen. Natürlich gibt es auch andere, wie z. B. Open-Air-Hallen oder Auditorien, aber die Auswahl fiel auf die wichtigsten Säle, in denen klassische Musikkonzerte stattfinden. Um Ihnen die drei verschiedenen Räume zu konkretisieren, finden Sie für jeden Raumtyp ein Beispiel mit seinen Besonderheiten und den Schwierigkeiten, die bei ihrer Gestaltung aufgetreten sind. Die Auswahl dieser Räume war nicht einfach, da es viele Säle gibt, die für ihre hervorragende Akustik bekannt sind. Selbst wenn man mehrere Nachforschungen über die besten Säle anstellt, gibt es überall unterschiedliche Meinungen und keiner kann als der beste Konzertsaal bezeichnet werden. Alle haben ihre eigenen Besonderheiten, die verschiedene Publikumsschichten ansprechen und sie so beliebt machen. Ich habe versucht, Konzertsäle zu wählen, die sich nur wenig ähneln, aber uns geografisch ziemlich nah liegen, damit Sie sie entweder gesehen haben oder vielleicht eines Tages sehen werden. Erstens gibt es die Elbphilharmonie, da es sich um einen recht neuen Saal handelt, von dem fast jeder von uns schon einmal etwas über seinen Skandal gehört hat, aber auch sehr positive Rückmeldungen über seine Akustik erhalten hat. Dieser Saal trägt durch ihren internationalen Einfluss zur Popularität der Stadt Hamburg bei. Als Nächstes habe ich La Scala di Milano ausgewählt, die aufgrund ihrer reichen Geschichte, ihrer Tradition der künstlerischen Exzellenz und ihrer aussergewöhnlichen Akustik ein anerkanntes Gebäude ist. Und schliesslich werde ich Ihnen vom Wigmore Hall erzählen, einem Gebäude, das einen aussergewöhnlichen Ruf als einer der führenden Konzertsäle für Kammermusik in Europa erworben hat.

5.1 Symphoniekonzertsaal

Die ersten symphonischen Konzertsäle entstanden im 17. Jahrhundert in England, nachdem in Italien die ersten Opernhäuser gebaut worden waren. (Pecqueur 2015, 5) Werke aus der klassischen Periode, die damals in kleinen Sälen gespielt wurden, erfordern eine gewisse Transparenz, die durch kürzere Nachhallzeiten entsteht. Wenn sie in grossen Sälen, wie sie heute üblich sind, gespielt werden, sollten alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um die Klarheit der Musik zu erhöhen. Daneben erfordert romantische Musik einen geschlosseneren Gesamtklang und eine gedämpfte Atmosphäre, die durch längere Nachhallzeiten erreicht werden. (Meyer 2015, 254)

Symphoniekonzertsäle sind in erster Linie so konzipiert, dass sie eine für Symphonieorchester geeignete Akustik haben. Sie müssen also eine Bühne enthalten, die gross genug ist, um alle Instrumente aufnehmen zu können. Aufgrund ihrer flexiblen Akustik können sie jedoch auch für andere Musikrichtungen und Musiker geeignet sein. Wenn man in Internet nach den nächsten Aufführungen von Symphoniekonzertsälen sucht, kann man alles Mögliche sehen: Symphonieorchester, Kammerorchester, Chöre, Solisten, Brass Bands, Gesangssolisten und vieles mehr. Man kann also sagen, dass sich Symphoniekonzertsäle für viele verschiedene Stilrichtungen eignen. Auch das Repertoire ist sehr vielfältig und reicht von klassischer Musik über Filmmusik und Popmusik bis hin zu Jazz.

5.1.1 Elbphilharmonie

Die Idee hinter diesem Projekt war, dieses Gebäude, genannt Kaispeicher A, das früher ein Hafenlager für den Kakaohandel war, umzugestalten, um eine gewisse Kultur in diese Gegend zu bringen, die mit einem Niemandsland verglichen werden konnte. So begann das Projekt für die Schweizer Architekten Jacques Herzog und Pierre de Meuron, die bereits für die Umnutzung von Industriegebäuden bekannt waren, wie z. B. die Tate Modern, ein Kunstmuseum in London. Die Rekonstruktion sollte ursprünglich in der eigentlichen Hülle des Industrielagers stattfinden, doch die Bauherren dachten an Grösseres. Die Elbphilharmonie sollte ein sehr grosser Komplex werden, der nicht nur den grossen Konzertsaal, sondern auch einen Kammermusiksaal, ein Hotel, Konferenzräume, einen Parkplatz und ein Restaurant enthalten sollte. Kurzum, das Grundprojekt nahm schnell grosse Dimensionen an, sowohl volumenmässig als auch finanziell. Die Fertigstellung des Projekts wurde 2016 abgeschlossen und gehört zu den ziemlich neuen Räumen. Es ist einer der wenigen Konzertsäle, von dem aus man einen herrlichen Blick auf die Stadt auf der einen und den Hafen auf der anderen Seite geniessen kann. Die Architektur des Gebäudes ist sehr erlesen, wie man am Dach sehen kann, das eine Welle aus Glas bildet. Da sich diese Arbeit hauptsächlich auf die Akustik bezieht, wird sie daher nicht sehr tief in der Architektur eingehen. (Pecqueur 2015, 268-270)

Der grosse Saal, der die Hauptattraktion dieses Gebäudes ist, hat eine Weinbergform, die eine grosse Nähe zwischen Publikum und Bühne ermöglicht. Der Akustiker, Dr. Yasuhisa Toyota von der Firma Nagata Acoustics schreibt, dass das Konzept der Intimität ihr Schlüsselwort während des Projekts war, weil sie wollten, dass sich das Publikum den Musikern nahe fühlt. (ElbPhilharmonie | Nagata Acoustics o.D.) Die Entscheidung für einen weinbergförmigen Saal wurde wahrscheinlich getroffen, um einen Kontrast zur Laeiszhalle, einem anderen Hamburger Symphoniekonzertsaal, zu schaffen. (Pecqueur 2015, 273) Dank der gewählten Form kann man die anderen Zuschauer sehen, was ein Gefühl der Gemeinschaft verstärkt. Der Wunsch, die Zuschauer um die Bühne herum zu platzieren, erklärt sich aus dem Willen, die klassische Musik zugänglicher zu machen und somit die Musik in die Mitte der Gesellschaft darzustellen. Das Besondere an diesem Konzertsaal ist seine räumliche und transparente Akustik. Das bedeutet natürlich, dass alle Feinheiten gut zu hören sind, also auch die schlechten Noten. (Elbphilharmonie Mediathek o.D.) Die akustischen Arbeiten wurden von Yasuhisa Toyota übernommen, einem Akustiker, der sich auf Weinberghallen wie die Walt Disney Concert Hall

in Los Angeles spezialisiert hat. Da der ursprüngliche Entwurf geändert wurde, musste die Schwierigkeit der Schalldämmung des Auditoriums noch korrigiert werden, und zwar in beide Richtungen. Die Besucher sollten nicht hören können, wie die Schiffe in den Hafen ankommen, und die Hotelgäste sollten eine ruhige Umgebung ohne Trompetenecho oder Schlagzeugvibrationen geniessen können. Um dies zu ermöglichen, mussten die Ingenieure den Saal vom Rest des Gebäudes abtrennen. (Pecqueur 2015, 273) Das Prinzip der Raum-in-Raum wurde angewendet. Der Konzertsaal ist doppelwandig, so dass die Aussenschale, die Teil des gesamten Gebäudes ist, und die Innenschale voneinander abgeschottet sind und nur durch Federpakete verbunden sind. (Elbphilharmonie Mediathek o.D.)

Was diesen Saal so einzigartig macht, ist seine Lage in der Stadt. Sie liegt neben dem Hafen und nicht in einer schicken Gegend. Dies verstärkt die Tatsache, dass klassische Musik nicht auf die Oberschicht beschränkt ist. (Herzog & de Meuron o.D.)

Insgesamt bietet der Saal Platz für 2100 Personen. Der Saal ist dem symphonischen Repertoire gewidmet, kann aber in seinem Inneren auch andere Musikstile beherbergen. Der Komplex enthält auch einen Kammermusiksaal, der im Gegensatz zum grossen Saal nach dem Schuhschachtelmodell gebaut wurde. Dieser kleinere Saal bietet Platz für 550 Personen.

Ein grosses Problem bei diesem Projekt waren die Kosten. Das Budget lief aus dem Ruder und auch die Fristen wurden überschritten.

In einem Interview mit Herr Jacques Herzog, erklärt er, dass er sich von der Philharmonie Berlin inspirieren lassen hat, da Hans Scharoun, der Architekt, eine hervorragende Arbeit gemacht hat. Es ist schwierig es zu glauben, aber er behauptet auch, die Fussballstadien als Inspirationsquelle genommen zu haben, da er die Nähe zwischen Publikum und Sportler rekonstruieren wollte. (Pecqueur 2015, 268-272)



Abb. 12: Innenansicht des grossen Saals in Weibergform (Zapf, o.D.)

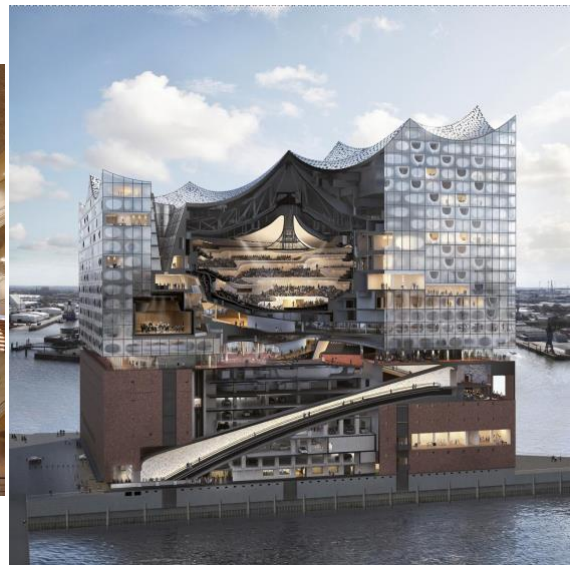


Abb. 13: Querschnitt durch die Elbphilharmonie (Le Gac, 2017)

5.2 Opernhaus

Auch in Opernhäusern kann man eine Vielzahl verschiedener Aufführungen erleben. Es gibt Opern, Theaterstücke, und Ballettaufführungen, aber auch Symphonieorchester, Kammermusikorchester oder Solisten. Räume, in denen musikalische Bühnenwerke aufgeführt werden sollen, stellen viel komplexere akustische Anforderungen als Konzertsäle. Die Wirkung der Sänger muss in den Vordergrund treten, ohne dass das begleitende Orchester verschwindet. Solistische Passagen benötigen einen starken Nachhall, damit ihre Stimme Volumen hat und ein räumlicher Effekt entsteht. (Meyer 2015, 183-184) Dies ist ein nicht leicht zu erreichender Kompromiss, denn man braucht eine recht kurze Resonanz für das Verstehen der Stimmen,

aber genug Resonanz für die Orchestertextur. (Pecqueur 2015, 71) Die Nachhallzeit muss daher in Opernhäusern kürzer sein als in Konzertsälen. Sie hängt vom Kompositionsstil ab, da die Verständlichkeit stark vom Tempo des Gesangs und der Schreibtechnik der Instrumentalparts beeinflusst wird. (Meyer 2015, 183-184)

Aufgrund der Tatsache, dass viele der grossen Opernhäuser zur selben Zeit gebaut wurden wie die Kompositionen der "Grossen Oper", wurde erforscht, wie die Räume, in denen die musikalischen Bühnenwerke aufgeführt wurden, damals gestaltet waren. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, sich die ursprünglichen Bedingungen annähernd vorzustellen. (Meyer 2015, 183-184) Die Gestaltung der Orchestergraben spielt eine wichtige Rolle für die Schallabstrahlung. Damals waren die meisten Graben kaum unter das Niveau der ersten Zuschauerreihen abgesenkt. Diese erhielten relativ lauten Direktschall mit einem transparenten Klang. Wenn der Orchestergraben abgesenkt wird, wird der Direktschall für die Zuhörer durch die Balustrade des Grabens abgeschattet und gedämpft, wenn er sich um die Balustrade herum ausbreitet. Ein tiefer Orchestergraben verringert die Gesamtlautstärke, lässt aber den Klang der Streicher an Brillanz verlieren. Die Nachhallzeit wird massgeblich von der Offenheit der Bühne und damit von der Art der Kulisse beeinflusst. Eine Bühne mit wenig Bühnenbild oder aber mit schallreflektierenden Kulissen kann die Nachhallzeit erheblich verlängern, im Gegensatz zu Vorhängen oder Leinwandkulissen, die den Schall absorbieren. (Meyer 2015, 186)

Auch die Form und das Design des Opernsaals können sich auf das Gleichgewicht zwischen Sängern und Orchester auswirken. Logen, die ein besonderes Element von Opernhäusern sind, werden beispielsweise den Schall je nach Höhe und Grösse unterschiedlich reflektieren. Dadurch verändert sich die Resonanz. Die Stimmen der Sänger und der Klang des Orchesters reagieren unterschiedlich, und das ist vorteilhaft, da die Stimmen besser reflektiert werden und somit das Gleichgewicht besser ist. Indem sie mit der Position der Logen, des Orchestergrabens, des Fussbodens und der Brüstung zwischen Publikum und Orchester spielen, können die Raumgestalter mit den Effekten des Raumes spielen. (Meyer 2015, 189)

5.2.1 La Scala

Das Mailänder Scala-Theater, auch La Scala genannt, gehört zu den bekanntesten Theatern und wird auch als "Tempel der Oper" bezeichnet. Während der Theatersaison, einer wichtigen Zeit für die Mailänder Kultur, werden in der Scala Opern, Balletts und Konzerte klassischer Musik aufgeführt. Das Theater wurde auf Wunsch einer österreichischen Kaiserin gebaut, nachdem das vorherige Theater abgebrannt war und folgt der Hufeisenform. Das Projekt wurde von dem Architekten Giuseppe Pierluigi geleitet und 1778 eröffnet. (Teatro alla Scala o.D.) Vor 1900 hatten die Musiker keinen Platz auf der Bühne und standen vor dem Publikum, was für einige Zuschauer eine gute Sicht verhinderte. Während des Zweiten Weltkriegs wurde die Scala bombardiert, aber sofort wieder aufgebaut. (Pecqueur 2013, 204) Der Architekt liess sich vom Teatro della Reggia di Caserta inspirieren, das sich weiter im Süden des Landes befindet, aber die Scala wurde zum Vorbild für das "italienische Theater", das viele neue Projekte inspirierte. Das Gebäude ist im neoklassizistischen Stil gehalten und lange Zeit war der Saal mit rotem Teppichboden ausgelegt, der dann durch sichtbares Holz und Terrakotta ersetzt wurde, um die Akustik zu verbessern. Anfang der 2000er Jahre wurden vom Schweizer Architekten Mario Botta und unter der Aufsicht des Akustikberaters Arau aus Barcelona Umbauarbeiten durchgeführt. Neue akustische Geräte wurden später in die Struktur integriert, wie z. B. omnidirektionale Mikrofone, um die Hörbarkeit zu verbessern. Trotz der Veränderungen an der Scala ist die erzielte Nachhallzeit immer noch nicht ideal. Dank der Neugestaltung des Bodens ist sie nun bei wechselnden Frequenzen gleichmässiger, aber der Saal ist im Verhältnis zu seinem grossen Volumen und der Qualität der Künstler immer noch zu leise. Die Sänger müssen sich stimmlich anstrengen, um von allen gut gehört zu werden. Dies liegt daran, dass die mit Samt bezogenen Sitze und die Schaumstoffverkleidung der Wände zu viel Schall absorbieren.

Es wird daran gearbeitet, die Absorption zu verringern. (Associazione italiana d'acustica 2011) La Scala, das älteste neoklassische Theater Europas, befindet sich derzeit im Bau. Das Gebäude leidet stark unter Platzmangel für das Programm und die angebotenen Aktivitäten. Es ist geplant, einen Turm zu bauen und die Ausschreibung für die Akustikarbeiten im Orchesterprobensaal wurde bereits veröffentlicht. (Desantis 2023)



Abb. 14: Sicht auf die Bühne von der Königsloge aus (Museo Teatrale alla Scala, o. D.)



Abb. 15: Ansicht der Königsloge (Museo Teatrale alla Scala, o. D.)

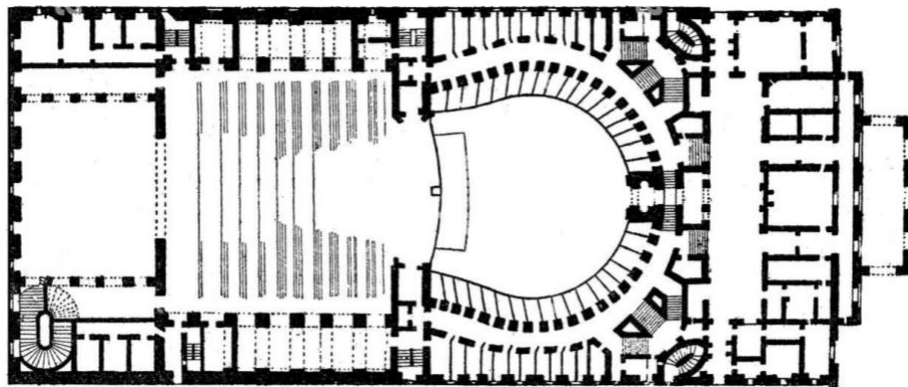


Abb. 16: Plan von La Scala (Alamy images, o. D.)

5.3 Kammermusikräume

Die Kammermusikräume sind hauptsächlich für den Empfang von Kammermusikkonzerten gedacht. In diesen gibt es weniger Musikvielfalt als in den beiden anderen Sälen. Dort finden kleine Ensembles wie Streichquartette, Rezitale oder Solisten. Kammermusik besteht, im Vergleich zur Musik des Sinfonieorchesters, aus einem kleineren Ensemble. Diese sind nicht grösser als 30 Musiker (Lenoir 2018), ansonsten spricht man bereits von einem Symphonieorchester. Musikalisch werden eine gewisse Klarheit und Transparenz in den einzelnen Teilen erwartet, ebenso wie ein Gefühl der Nähe und Vertrautheit zwischen den Musikern und den Zuhörern. Als Zuhörer muss es möglich sein, die Instrumente räumlich zu trennen, d. h. man muss die Instrumente und ihre Melodie klar unterscheiden können. Diese Eigenschaften werden durch kurze Nachhallzeiten in nicht zu grossen Räumen erreicht. Ein Blick auf die Geschichte der Kammermusik zeigt, dass es eine gewisse Entwicklung gab, beginnend mit der Musik für kleine Amateurensembles, die sich mit der Zeit professionalisierten, gefolgt von den bis heute beliebten Streichquartetten, die in verschiedenen Arten von Räumen und für verschiedene Zielgruppen gespielt wurden.

5.3.1 Wigmore Hall

Die meisten Symphoniekonzertsäle enthalten im selben Komplex auch einen Kammermusiksaal, aber es gibt auch einige Säle, die nur der Kammermusik gewidmet sind, wie z. B. die Wigmore Hall in London. Der schuhkartonförmige Saal enthält 552 Sitzplätze und hat aufgrund der starken Seitenreflexionen eine der besten Akustiken für Kammermusik. Die Halle wurde 1901 erbaut. Ursprünglich hiess sie Bechstein Hall, benannt nach einem grossen Klavierhersteller der damaligen Zeit, (Pecqueur 2015, 41) und wurde später wegen der Beziehungen zwischen Deutschland und England während der Zeit des Ersten Weltkriegs in Wigmore Hall umbenannt. (C. Bechstein o.D.)

Der Architekt Thomas Collcutt beendete sie als charakteristisches Beispiel für die spätviktorianische Architektur. Der Saal wurde mehrfach renoviert, zuletzt 2004. Er folgt der Form eines rechteckigen Saals mit 12,3 Metern Breite und 22,9 Metern Länge und das Publikum sitzt flach auf einem Teppichboden. Die Decke erhebt sich in einer Höhe von 6,7 bis 10,7 Metern über dem Boden. Der Saal enthält viele konkave Flächen. Pro Sitzplatz ist ein Volumen von nur 5,3 Kubikmeter vorgesehen, was ziemlich niedrig ist. Wie bereits erklärt, ist ein Raum mit Teppichboden normalerweise trocken und hat wenig Nachhall. Dies ist bei diesem Raum jedoch nicht der Fall, da er eine Nachhallzeit von etwa 1,5 Sekunden hat, eine Zeit, die einen grossen Nachhall ermöglicht. Dieser wird durch die abgerundeten Oberflächen des Saals erreicht, die unter anderem eine Kuppel über der Bühne enthalten. Der erzielte Effekt kann als geräumig beschrieben werden. Der Saal ist für Solisten oder kleine Ensembles bis zu etwa acht Personen geeignet, z. B. für Streicherquartette. Wenn diese Zahl überschritten wird, ist die Akustik für das Ensemble, das hier spielt, weniger geeignet. (Thomas Wulfrank 2006)



Abb. 17: Innenansicht der Wigmore Hall (Euan's guide, o. D.)

6. Aktuelle Herausforderung

Wie bereits gesehen, geht der Trend heute dahin, modulare Räume zu bauen, um die Eigenschaften des Raumes an die Bedürfnisse des Ensembles und der Musik anpassen zu können. Dies hat auch einen wirtschaftlichen Grund, da es verhindert, dass für jede gewünschte Akustik ein anderer Raum geschaffen werden muss. In dieser Arbeit geht es hauptsächlich um klassische Musik, aber man sollte auch alle anderen Musikrichtungen wie Rock oder Pop nicht vergessen, die ebenfalls akustische Anforderungen haben. Früher war es viel einfacher zu entscheiden, welche Art von Konzert man hören wollte, da es nicht so viele Möglichkeiten gab, aber heute gibt es eine riesige Vielfalt an Musikstilen. Es ist daher unmöglich, für jede Art von Musik einen eigenen Raum zu schaffen, weshalb die Herausforderung heute darin besteht,

multifunktionale Räume zu schaffen. (Meyer 2015, 321-322) Dazu muss man die akustischen Eigenschaften des Raumes variieren können. Dies ist möglich, indem man das Raumvolumen verändert, z. B. durch Deckenelemente, die für eine Oper abgesenkt und für ein Symphoniekonzert wieder angehoben werden können. (Commins 2018) Der neue Trend besteht darin, Konzertsaal und Oper zu kombinieren. Dies wurde bereits realisiert, wie z. B. in Dijon, aber das Ergebnis ist kein Konzertsaal, sondern eher ein Theater mit einem Orchesterlautsprecher. (Pecqueur 2015, 70)

Es gibt auch die Möglichkeit, bereits bestehende Räume mit Hilfe von elektronischen Geräten so anzupassen, dass sie für Konzerte genutzt werden können. Aber Vorsicht ist geboten: Nur weil diese Geräte akustisch geniale Dinge ermöglichen, heisst das nicht, dass sie die Zukunft der Akustik sein werden. Die Herausforderung bleibt immer, einen Raum von Anfang an richtig zu konzipieren. (Meyer 2015, 321-322)

Eine Schwierigkeit, die auch in den kommenden Jahren bestehen bleibt wird, ist der wirtschaftliche Hintergrund, da die Konzertsäle manchmal horrenden Preise haben. (Pecqueur 2015, 5) Aus finanziellen Gründen, aber vor allem wegen des Platzmangels in den Städten, werden immer mehr bereits bestehende Räume renoviert. (Pecqueur 2015, 47)

Damals waren Konzerte nur Menschen aus höheren Gesellschaftsschichten vorbehalten. Heute hat jeder die Möglichkeit, ein Konzert zu besuchen, auch wenn es nicht einfach ist, diese Aktivität für alle attraktiv zu machen. Die Herausforderung bleibt bestehen und es werden Anstrengungen in diese Richtung unternommen. In São Paulo wurde beispielsweise ein Stadtentwicklungsplan aufgestellt, um die klassische Musik in benachteiligten Stadtvierteln zu verbreiten, damit jeder die Möglichkeit hat, sich ein klassisches Konzert anzuhören. (Pecqueur 2015, 54)

Ein Problem, an das man in der Vergangenheit nicht gedacht hat, sind die ökologischen Auswirkungen der Säle. Es handelt sich um riesige Säle, die einen Energieverbrauch haben, der mit ihrem Volumen vergleichbar ist. Sie brauchen gute Isolierungen, um ihre ökologischen Auswirkungen nicht zu verschlimmern. Die für den Bau verwendeten Materialien sind oft exotisch, wie z. B. Holz, auch wenn man sich bemüht, lokale Ressourcen zu bevorzugen. Um die Halle zu einer umweltfreundlichen Halle zu machen, muss sie mit öffentlichen Verkehrsmitteln gut erreichbar sein. Ein hartnäckiges Problem, für das noch keine Lösung gefunden wurde, ist natürlich die Anreise von Orchestern aus der ganzen Welt mit dem Flugzeug. Wird der nächste Schritt sein, Konzerte per Videokonferenz zu übertragen? (Pecqueur 2015, 51)

7. Fazit

Der erste Teil der Schlussfolgerung enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Aspekte dieser Arbeit. Anschliessend werde ich die Entwicklung von der Wahl des Themas bis zur Fertigstellung beschreiben, um sehen zu können, welche Veränderungen vorgenommen wurden und auf welche Schwierigkeiten ich beim Voranschreiten der Arbeit gestossen bin.

Dem Raum zuhören, den Klang bauen - das sind Metaphern, die in bestimmten Kontexten verwendet werden und die die Verbindung zwischen Architektur und Musik gut beschreiben (Junod 2009). Diese Verbindung kann einfach durch die Akustik ausgedrückt werden. Dieses sehr umfassende Thema, für das zunächst viel wissenschaftliches Wissen erforderlich ist, um die akustischen Entscheidungen in bestimmten Räumen zu verstehen, hat diese Arbeit durch verschiedene Aspekte geführt, von denen die Akustik abhängt. Nach der Entdeckung von Wallace Sabines Theorie der Nachhallzeit, die besagt, dass die Nachhallzeit umso höher ist, je grösser der Raum ist und je weniger der Schall auf Objekte trifft, wurden verschiedene Möglichkeiten zur Messung der Akustik untersucht. Natürlich bleibt das persönliche Empfinden der Akustik eines Raumes eine Einschätzung, die von jedem Einzelnen abhängt und daher derzeit nicht auf einen Saal angewendet werden kann. Akustiker, Architekten und Bühnenbildner entwerfen ihre Projekte auf der Grundlage bestimmter Merkmale, um die bestmögliche Wirkung zu erzielen. Formen wie die Schuhkarton- oder die Weinbergform, verschiedene Grössen, Materialien und die Anordnung der Musiker und des Publikums sind entscheidend dafür, wie gut ein Saal funktioniert. Es wurden Techniken entwickelt, um das Musikerlebnis zu verbessern und mehr Möglichkeiten für die Akustik zu bieten. Schliesslich wurden die drei Arten von Konzertsälen in dieser Arbeit vorgestellt: Konzertsäle für Symphoniekonzerte, Opern und Kammermusiksäle anhand von Beispielen weltberühmter Konzertsäle. Man kann feststellen, dass die gleichen Arten von Konzerten in verschiedenen Sälen aufgeführt werden können. Trotzdem ist jede Art von Saal für eine gezieltere Aufführung geeignet. Ein Kammermusikkonzert in einem Opernhaus ist beispielsweise weniger wahrscheinlich, aber durchaus plausibel. Zum Schluss wurden die aktuellen Schwierigkeiten und die nächsten Schritte der Akustik in der Zukunft formuliert, damit Sie sich die aktuelle Situation vorstellen können. Die Akustik ist ein sehr umfangreiches Thema, das im Vergleich zu anderen Wissenschaften erst vor nicht allzu langer Zeit begonnen hat, weshalb es noch viel zu entdecken gibt, wie z. B. wie man die subjektive Wahrnehmung des Menschen interpretieren kann, um daraus die akustischen Eigenschaften eines Konzertsaals abzuleiten.

Was aus dieser Arbeit hervorgehoben werden sollte ist vor allem der Denkprozess, den Architekten, Akustiker und Bühnenbildner durchlaufen müssen, um das Projekt zum Erfolg zu führen. Mithilfe der Kenntnisse des Akustikers muss der Raum an die Reflexionen angepasst werden, die für die gespielte Musik gewünscht und gedacht sind. Von Räumen, die eine kurze Nachhallzeit benötigen, bis hin zu Räumen, die einen hohen Nachhall benötigen, können wir Konferenzsäle, Theater, Opernhäuser, Kammermusiksäle und Konzertsäle nennen.

Diese Arbeit hat es mir ermöglicht, die Hauptunterschiede zwischen den drei vorgestellten Saaltypen zu verstehen und herauszufinden, welche Merkmale sie voneinander unterscheiden und ihnen den Titel der grossen Säle verleihen, die für ihre fabelhafte Akustik bekannt sind. Die wichtigsten Theorien konnten anhand von drei europäischen Sälen veranschaulicht werden. Für die Zukunft hat mir diese Arbeit die Fähigkeit gegeben, die Hauptmerkmale der Säle zu erkennen, was mein ursprünglicher Wunsch war. Ich wollte, nachdem ich es geschrieben hatte, in der Lage sein zu verstehen, warum ein Saal auf diese Weise gestaltet ist, warum Holz verwendet wurde oder warum ich jedes Detail der gespielten Musik sehr genau hören kann. Das wird die nächsten Konzerte, die ich mir anhören werde, interessanter machen. Ich behaupte

jedoch nicht, dass ich den Bereich genau kenne, sondern wollte einen gewissen Zugang zum Thema erreichen, der es mir ermöglicht, bestimmte Aspekte zu analysieren. Um tiefer in das Fach einzusteigen, müsste man Akustik studieren, um Akustiker zu werden und dies zu seinem Beruf zu machen, was ebenfalls nicht mein Endziel ist.

Wie Sie wahrscheinlich bemerkt haben, wurden alle Themen auf unterschiedliche Weise angegangen. Um beim Wesentlichen zu bleiben wurden nicht alle Aspekte in der gleichen Tiefe behandelt, da einige Punkte in bestimmten Themen weniger wichtig sind. Aus diesem Grund finden Sie nicht unbedingt für jeden Raum die gleichen entsprechenden Informationen.

Was den Entwicklungsaspekt betrifft, so hat mir diese Arbeit auch ermöglicht, mich an verschiedene Situationen anzupassen, auf die ich gestossen bin. Ursprünglich hatte ich mehrere Architektur- und Akustikunternehmen kontaktiert, einige bekannter als andere, und leider nicht so viele Antworten erhalten, wie ich mir erhofft hatte. Nur Herr Nicolas Gallaud und Frau Geneviève Bonnard haben mir geantwortet. Daraufhin habe ich die anderen Personen, denen ich geschrieben hatte, erneut angeschrieben. Ich erhielt negative Antworten, z. B. von den Firmen Herzog und de Meuron, die zu viele Fragen erhalten, um sie beantworten zu können, oder von Motoo Komoda, dem Akustiker, der nicht die Freiheit hat, der Öffentlichkeit die Details seiner Konstruktionen zu erläutern.

Eine Arbeit dieses Umfangs zu beginnen, ist nicht einfach, weshalb ich einige Schwierigkeiten hatte, herauszufinden, wo ich beginnen und einem roten Faden folgen sollte. Verständliche Literatur zu finden, war nicht so einfach wie erhofft, da Fachbücher nicht an der Oberfläche bleiben und schnell in sehr komplexe Theorien abdriften. Ich musste auch meine ursprünglichen Absichten ändern, da ich immer noch über bestehende Akustiknormen sprechen wollte, ein sehr kompliziertes Thema, für das man ein Studium braucht, um es richtig zu verstehen. Deshalb entschied ich mich, es aus meiner Arbeit herauszunehmen. Da als eher literarischer Mensch fand ich es nicht sehr einfach, mich mit einem Thema beschäftigen zu müssen, das einen grossen Anteil an Physik mit vielen wissenschaftlichen Begriffen enthält, weshalb ich zu Beginn einige Definitionen hinzugefügt habe. Um die verschiedenen Arten von Sälen zu veranschaulichen, habe ich drei Beispiele für Konzertsäle mit guter Akustik ausgewählt, aber diese Wahl war kompliziert, da es nicht den besten Raum gibt, sondern alle ihre eigenen Besonderheiten haben, die sie attraktiv machen. Und schliesslich war es keine leichte Aufgabe, einen Titel zu finden, der für die Arbeit funktioniert, denn es gibt mögliche Optionen.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass ich trotz der Schwierigkeiten, auf die ich gestossen bin, viel aus dieser Arbeit gelernt habe und froh bin, dass ich dieses Wissen gespeichert habe, das mir wahrscheinlich eines Tages nützlich sein wird. Und selbst wenn nicht, habe ich viele Entdeckungen gemacht, die meine musikalische und architektonische Kultur bereichern haben. Zum Abschluss meiner Arbeit habe ich festgestellt, dass die Akustik eine komplexe Wissenschaft ist, über die noch nicht viel bekannt ist. In der Zukunft kann auf dieser Ebene noch viel mehr getan werden, um die Magie einer perfekten Akustik zu entdecken, denn das Rezept dafür ist noch nicht bekannt, obwohl viele wichtige Kriterien bereits entdeckt wurden. Oft wurden gute Säle von Akustikern gebaut, die "ihrem Instinkt folgten" und viel Erfahrung hatten. Man kann die Akustik also mit der Musik vergleichen, denn ein Musiker braucht viel Erfahrung, um sich zu verbessern, und manchmal muss man sich von seinem Instinkt und seinen Wünschen leiten lassen, um unvergleichliche Melodien zu erzeugen.

8. Danksagung

Zufällig oder nicht, sind alle Personen, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben, mit Ausnahme der Spezialisten, Musiker. Zunächst möchte ich mich aufrichtig bei meinem Betreuer David Lochmatter bedanken, der meine Arbeit mit einem wachsamen Auge betreut

und vor allem all meine verrückten Fragen beantwortet hat. Dann sind da noch Herr Nicolas Gallaud und Frau Geneviève Bonnard, die mir viele Informationen über die Akustik gegeben haben. Ich danke auch mein Musiklehrer Jörg Lingenberg, der mir eines seiner Bücher geliehen und vor allem seine Leidenschaft für die Musik geteilt hat, den Firmen Herzog & De Meuron und Nagata Acoustics, die mir, obwohl sie keine Zeit haben, mir zu antworten, zwei sehr interessante Links weitergeleitet haben. Vielen Dank an Géraldine Blanchet und Hannah Albrecht, meine beiden Registerkolleginnen, neben denen ich immer gerne spiele, und die sich freundlicherweise bereit erklärt haben, mein manchmal ungeschicktes Deutsch zu korrigieren. Und schliesslich mein Vater, der mich über die Thematik informiert hat, und meiner Mutter, die meine Arbeit gelesen hat, um mir ihre Meinung mitzuteilen. Kurz gesagt, vielen Dank an alle.

9. Literaturverzeichnis

- Acoustique - Définition et Explication*. kein Datum. <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Acoustique.html> (Zugriff am 17. September 2023).
- Associazione italiana d'acustica. *CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DEL TEATRO ALLA SCALA DI MILANO - unipr*. 2011. <http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/Papers/261-Farina%20protetto%20TERZO.pdf> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- Berg, Richard E. *Acoustics - Sound Waves, Reflection, Absorption* | *Britannica*. 1998. <https://www.britannica.com/science/acoustics/Acoustic-problems> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- Briegleb, Till. *Konzerthäuser - Weinberg oder Schuhkarton - Kultur*. 2016. <https://www.sueddeutsche.de/kultur/konzerthaeuser-weinberg-oder-schuhkarton-1.3282113> (Zugriff am 30. Oktober 2023).
- C. Bechstein. *Bechstein returns to London's Wigmore Street*. o.D. <https://www.bechstein.com/en/the-world-of-bechstein/news/bechstein-returns-to-londons-wigmore-street/#:~:text=Because%20Bechstein%20was%20German%20Downed,Wigmore%20Hall%22%20the%20following%20year> (Zugriff am 11. November 2023).
- Classic FM. *What makes the perfect acoustic, according to science?* o.D. <https://www.classicfm.com/discover-music/latest/perfect-acoustic-concert-hall-science/> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- Commins, Daniel. *L'acoustique des salles de spectacle: les grands principes*. 2018. https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Commins-3/publication/328389217_L%27acoustique_des_salles_de_spectacle_les_grands_principes/links/5bc9e4ba458515f7d9c9e2af/Lacoustique-des-salles-de-spectacle-les-grands-principes.pdf (Zugriff am 07. November 2023).
- Desantis, Francesco Damiano. *Tutto sulla nuova torre di Mario Botta per La Scala di Milano*. 2023. <https://www.harpersbazaar.com/it/lifestyle/design/a45581010/torre-mario-botta-scala-milano/> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- Design-Heimkino. *Nachhallzeit (RT60) - Erklärung* - Design-Heimkino. o.D. <https://www.design-heimkino.de/wissenswertes/nachhallzeit-rt60/#> (Zugriff am 4. November 2023).
- ElbPhilharmonie | Nagata Acoustics. *Elbphilharmonie | Nagata Acoustics*. o.D. <https://www.nagata-i.com/portfolio/elbphilharmonie-hamburg-grosser-saal/> (Zugriff am 23. November 2023).
- Elbphilharmonie Mediathek. *Die Akustik in der Elbphilharmonie*. o.D. <https://www.elbphilharmonie.de/de/mediathek/die-akustik-in-der-elbphilharmonie/221> (Zugriff am 23. November 2023).
- Herzog & de Meuron. *230 Elbphilharmonie Hamburg – Herzog & de Meuron*. o.D. <https://www.herzogdemeuron.com/projects/230-elbphilharmonie-hamburg/> (Zugriff am 23. November 2023).
- IFFDEC. *Devenir Scénographe : fiche métier et débouchés professionnels*. o.D. <https://iffdec.com/metiers/62-scenographe> (Zugriff am 12. Oktober 2023).
- isolation FRANCE. *Le principe de boîte dans la boîte*. 2013. <https://www.isolation-france.fr/isolation-phonique/principe-boite-dans-la-boite/> (Zugriff am 29. 10 2023).
- Jouglà, Elian. *ACOUSTIQUE ET SALLES DE CONCERT - Cadence Info*. 2013. <https://www.cadenceinfo.com/acoustique-architecturale-et-sallesdeconcert.htm> (Zugriff am 29. Oktober 2023).

- Junod, Philippe. *Architecture et musique. Une complicité séculaire*. 2009.
https://www.gsk.ch/sites/default/files/kunst-und-architektur/2009.3_06_Junod.pdf
(Zugriff am 22. August 2023).
- Kaiser, Fabio. *Normen und Gesetze in der Raumakustik - ROHDE*. 2021.
<https://www.rohde.at/normen-und-gesetze-in-der-raumakustik> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- KKL Luzern Management AG. *KKL Luzern Mediendokumentation*. o.D. https://www.kkl-luzern.ch/media/wysiwyg/media/Mediendokumentation_DE.pdf (Zugriff am 25. November 2023).
- Lenoir, J. *Les différentes formes de spectacle vivant et leur spécificités*. 2018.
<https://www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/bin/view/vitrine/M%C3%A9tiers%20du%20spectacle%20-%20Les%20diff%C3%A9rentes%20formes%20de%20spectacle%20vivant%20et%20leur%20sp%C3%A9cificit%C3%A9s#H1.1.Concertdemusique> (Zugriff am 25. November 2023).
- Lesparre, Josée. *Acousticien / Acousticienne : métier, études, diplômes ... - CIDJ*. o.D.
<https://www.cidj.com/metiers/acousticien-acousticienne#:~:text=L'acousticien%20est%20un%20sp%C3%A9cialiste,contre%20ce%20type%20de%20pollution.> (Zugriff am 12. Oktober 2023).
- Lokki, Tapio. *Why is it so hard to design a concert hall with excellent acoustics?* 2016.
<https://users.aalto.fi/~ktlokki/Publs/p43.pdf> (Zugriff am 31. August 2023).
- Mangin, Loïc. *La musique à la portée... de tous*. 2018.
<https://www.cerveauetpsycho.fr/theme/musique/la-musique-a-la-portee-de-tous-14198.php> (Zugriff am 1. November 2023).
- Métra, Brigitte. *Architecture et acoustique des salles. Entretien avec Brigitte Métra, architecte, réalisé par Sandrine Dubouilh*. 2019.
<https://journals.openedition.org/rsl/1569?lang=en> (Zugriff am 12. Oktober 2023).
- Meyer, Jürgen. *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*. 2015.
Onde mécanique : définition et exemple. kein Datum.
<https://www.studysmarter.fr/resumes/physique-chimie/physique/onde-mecanique/>
(Zugriff am 17. September 2023).
- Pecqueur, Antoine. *Les espaces de la musique*. 2015.
—. *Les plus beaux opéras du monde*. 2013.
- Pilhofer, Michael. *Musiktheorie für Dummies*. Bd. 2. 2020.
- PYT Audio. *L'acoustique d'une salle de concert - PYT Audio*. 2021.
<https://www.pytaudio.com/acoustique-salle-de-concert/> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- Richard Wagner, zitiert von Matthias Spindler. *Richard Wagner (1813–1883) | Compofactur – Matthias Spindler*. o.D. <https://www.compofactur.com/blog/zitate-zur-musik/richard-wagner-1813-1883/> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- RTBF. *Acoustique : le défi d'une salle de concert ! (une science complexe) - Matière Grise [Video]*. YouTube. 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=6C2vGF63-j0> (Zugriff am 17. September 2023).
- Schopenhauer, Arthur. *Gute Zitate: Zitat von Arthur Schopenhauer*. o.D.
<https://gutezitate.com/zitat/245332> (Zugriff am 25. November 2023).
- Services | Nagata Acoustics. *Nagata Acoustics | Acoustical Consulting for the Performing Arts*. o.D. <https://www.nagata-i.com/services/> (Zugriff am 29. Oktober 2023).
- Spitzer, Manfred. *Musik im Kopf*. Bd. 2. 2014.

- StudySmarter FR. *Onde mécanique : définition et exemple*. o.D. <https://www.studysmarter.fr/resumes/physique-chimie/physique/onde-mecanique/> (Zugriff am 17. September 2023).
- Teatro alla Scala. *Storia - Teatro alla Scala*. o.D. <https://www.teatroallascala.org/it/il-teatro/storia.html> (Zugriff am 29. 2023 Oktober).
- Techno-Science.net. *Acoustique - Définition et Explication*. o.D. <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Acoustique.html> (Zugriff am 17. September 2023).
- Thomas Wulfrank, Rafal Orłowsky. *ACOUSTIC ANALYSIS OF WIGMORE HALL, LONDON, IN THE CONTEXT OF THE 2004 REFURBISHMENT*. 2006. https://kahleacoustics.com/articles/Wulfrank_Wigmore_Hall_2006.pdf (Zugriff am 5. November 2023).
- Val, Marcel. In *Lexique d'acoustique*, 1-2. 2008.
- von Fischer, Sabine. *Mysterien und Messungen: Das Problem der Objektivierung von Klang beim Bauen für Musik*. 2009. https://www.gsk.ch/sites/default/files/kunst-und-architektur/2009.3_03_Fischer.pdf (Zugriff am 31. August 2023).

Um mir bei der Übersetzung einiger Abschnitten zu helfen, habe ich die App DeepL verwendet, damit meine Sätze möglichst korrekt sind, aber es gehört nicht in die Quellen ein, da ich die vorgeschlagenen Texte nicht vollständig abgeschrieben habe.

10. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Nachhallzeit - Abfall um 60 Dezibel nach dem letzten erzeugten Ton
PREFORM. *Akustikmessung und Akustiksimulation - Quantitative Bewertung der raumakustischen Situation*. 2023. <https://www.preform.de/akustikmessung/> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 2: Der Schall und seine Reflexion: Einfallswinkel = Ausfallswinkel
schematisch von mit, kopiert von Meyer, Jürgen. *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*. 2015.
- Abb. 3: Der Nachhall und die verschiedenen Reflexionen eines Schalls in einem Konzertsaal erzeugen einen Effekt von Räumlichkeit.
Foley, Dennis. *The Acoustic Foam Pyramid Vs Wedge Performance Myth*. 2019. <https://www.acousticfields.com/acoustic-foam-pyramid-vs-wedge-performance-myth/> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 4: Brahms-Saal des Wiener Musikvereins nach der „Shoebox Hall“ Modell
Grabner, Wolf-Dieter. *Einzigartige Konzerte erleben! Musikverein Wien*. o.D. <https://www.musikverein.at/> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 5: Die Philharmonie Berlin mit einer Weinbergform
Wagner, K. *How the Vineyard-Style Concert Hall Took Over the World (and Changed How We Hear Music)*. 2021. <https://metropolismag.com/projects/concert-hall-acoustics-design/> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 6: Der Plan des Musikvereins
Meyer, Jürgen. *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*. 2015.

- Abb. 7: Der Plan der Berliner Philharmonie (Meyer 2015, 45)
Meyer, Jürgen. *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*. 2015.
- Abb. 8: Neapels hufeisenförmiges Teatro San Carlo
Pecqueur, Antoine. *Les espaces de la musique*. 2016.
- Abb. 9: Das Opernhaus in Zürich mit einer U-förmigen Anordnung
Opernhaus Zürich. *Führung Opernhaus | Opernhaus Zürich | Dies & Das | kulturzüri*. o. D. https://www.opernhaus.ch/en/spielplan/calendar/fuehrung_opernhaus/ (Zugriff am 27. November 2023).
- Abb. 10: Die Gilder Lehrmann Hall in der Morgan Library Hall in New York, die Eleganz und Diskretion vereint.
The Morgan Library & Museum. 2021. <https://www.themorgan.org/campus/gilder-lehrman-hall> (Zugriff am 26. November 2023).
- Abb. 11: Die JS Chamber Music Hall, entworfen von Zaha Hadid, innoviert mit einer Spiralförmigkeit, ein modernes Projekt, das 2009 realisiert wurde.
C.G. Zaha Hadid compose un tourbillon pour Bach - Maison à part. 2014. <https://www.maisonapart.com/edito/autour-de-l-habitat/architecture-patrimoine/zaha-hadid-compose-un-tourbillon-pour-bach-3188.php> (Zugriff am 26. November 2023).
- Abb. 12: Innenansicht des grossen Saals in Weibergform
Dittus, Daniel. *Pressebilder: Konzertsäle der Elbphilharmonie - Elbphilharmonie*. o.D. <https://www.elbphilharmonie.de/de/presse/elbphilharmonie/konzertsaele> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 13: Querschnitt durch die Elbphilharmonie
Le Gac, Christophe. *L'Elbphilharmonie de Hambourg, ou le besoin de monument à l'ère de la dématérialisation généralisée*. 2017. <https://www.espazium.ch/fr/actualites/elbphilharmonie-de-hambourg-ou-le-besoin-de-monument-lere-de-la-dematerialisation-generalisee> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 14: Sicht auf die Bühne von der Königsloge aus
Museo Teatrale alla Scala. *Exclusive guided visits* o.D. <https://www.museoscala.org/en/visit/museum-and-theater/exclusive-guided-visits.html> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 15: Ansicht der Königsloge
Museo Teatrale alla Scala. *Exclusive guided visits* o.D. <https://www.museoscala.org/en/visit/museum-and-theater/exclusive-guided-visits.html> (Zugriff am 6. November 2023).
- Abb. 16: Plan von La Scala
alamy. *Ground plan of La Scala, Teatro alla Scala, Milan, Italy, 1860s*. o.D. <https://www.alamyimages.fr/plan-de-terrain-de-la-scala-teatro-alla-scala-milan-italie-1860-s-image346191924.html> (Zugriff am 26. November 2023).

Abb. 17: Innenansicht der Wigmore Hall

Euan's guide. *Euan's Guide* | *Wigmore Hall*. o. D.

<https://www.euansguide.com/venues/wigmore-hall-london-4846> (Zugriff am 26. November 2023).

11. Anhang

Persönliche Kommunikation: Mailverkehr

Geneviève Bonnard von der Firma Bonnard et Woeffray (9. August 2023, « E. Déchanez, Übers. »)

[...] Je me permets de vous contacter car j'ai l'intention de faire un travail sur l'acoustique des salles de concerts et j'aimerais récolter des informations venant de professionnels du domaine. Dans mon travail j'aimerais parler du lien qu'ont les architectes avec les acousticiens. Au vu de la construction du Cour de gare j'aimerais vous poser quelques questions sur la salle de concert et de congrès qui fera partie de ce grand projet. [...]

La tâche de l'architecte est de concevoir un projet qui réponde

- au cahier des charges du maître de l'ouvrage (MO) ou client,
- au contexte (insertion dans la ville en l'occurrence),
- aux contraintes fonctionnelles,
- aux diverses réglementations, normes SIA, normes AEAI (sécurité incendie), normes OPAM, OPB, énergétiques pour ne nommer que les principales.

Pour cela, l'architecte s'entoure d'ingénieurs civil, chauffage, ventilation, sanitaire, électricité, géotechnicien, et spécialistes tel qu'expert feu, sécurité, scénographe, et acousticien... selon les besoins du projet, selon la fonction du futur bâtiment.

Selon le règlement sia 102 (qui définit les tâches de l'architecte), l'architecte dirige les études des ingénieurs et spécialistes, il prend en compte et intègre les propositions.

Pour une salle de concert, la collaboration avec un acousticien est primordiale, pour développer et offrir l'acoustique adéquate.

Est-ce que la collaboration avec un acousticien est prévue pour ce projet ou avez-vous vous-même des compétences en acoustique?

Oui naturellement, dès la phase d'avant-projet et tout au long du processus, jusqu'à la mise en service de la salle.

Nous apprenons les bases de l'acoustique durant nos études, afin d'être apte à dialoguer avec un acousticien, mais n'avons pas le niveau de connaissance suffisante pour assurer un projet de ce type de complexité.

Avez-vous déjà dû auparavant travailler avec un acousticien? Si oui, pour quel genre de projet?

Oui nous travaillons régulièrement avec des acousticiens. Pour tous les types de programme, tels que:

- école, pour assurer un bon confort phonique des classes
- logement, particulièrement si en ppe mais aussi en location, pour assurer une bonne isolation phonique entre appartement, ou vis à vis d'un contexte extérieur bruyant
- établissement médicosocial, ou foyers d'accueil

J'ai lu que le travail entre les architectes et les acousticiens posait souvent problème pour cause d'avis controversés. Avez-vous déjà rencontré ce genre de problème soit dans ce projet-ci ou auparavant? Comment se passe la collaboration avec un acousticien?

Tout type de collaboration demande de la souplesse, de l'écoute pour trouver la meilleure solution qui profite au projet, sans perdre sa substance et sa cohérence.

L'architecte explique sa vision, l'acousticien préconise des solutions, et l'on discute, échange, on revoit si nécessaire pour arriver à faire la meilleure solution.

Donc la collaboration se passe bien. Elle enrichit le projet.

Quelles sont vos attentes envers cette salle ? Quelles concerts ou présentations vont s'y présenter ? Est-elle dédiée à devenir une salle modulable ?

Les attentes sont celles de la Ville tout d'abord, soit offrir une salle de musique non amplifiée, avec une certaine polyvalence.

La définition du type d'activités ou d'événements est primordiale. Une salle de musique n'est pas un théâtre, ni une salle polyvalente.

Du fait de la proximité du campus HES EPF, la Ville a décidé que cette salle sera aussi utilisée aussi comme salle de congrès mais la fonction concert domine la problématique de l'acoustique. Pour l'architecte, c'est relever le challenge de faire une salle belle, qui procure des émotions mais qui fonctionne, un outil avec une belle acoustique et des équipements scéniques performant.

Quelles seront les caractéristiques acoustiques qui la différencieront d'une autre salle ?

Pour la salle de cour de gare, il s'agit de répondre à plusieurs problématiques :

- se protéger du bruit extérieur, la salle est prise dans un bâtiment qui abrite d'autres fonctions et qui est implanté à proximité des voies cff donc création d'une boîte dans la boîte, une boîte complètement désolidarisée de la structure, pour l'isoler des bruits extérieurs et des éventuelles vibrations.

Mais aussi à l'inverse également pour protéger les autres fonctions du bâtiment, donc création de sas d'entrée pour se protéger du bruit extérieur, par exemple des nuisances du foyer.

- assurer le silence des installations techniques, la salle est ventilée mais cela ne doit pas s'entendre, donc vitesse de pulsion très basse, grand plénum sous le parterre des spectateurs et diffusion par le piètement des sièges. Toutes les installations sont également désolidarisées, tel monoblocs de ventilation posés sur des silentsblocks.
- garantir une qualité acoustique optimale, le volume de la salle est le plus grand possible, calculé en fonction du nombre de spectateurs et musiciens, env 8m3 par personne. Les revêtements de la salle sont choisis en fonction de leur pouvoir de réflexion ou d'absorption selon leur position dans la salle. Une canopy, sorte de grand réflecteur, sera installée en dessus du podium des musiciens.

Si vous avez collaborer avec un acousticien, pouvez-vous me donner son contact? J'aurai aimé lui poser quelques questions.

Nicolas Gallaud, architecture & acoustique, répondra certainement à vos questions.

Nicolas Gallaud von der Firma Architecture & Acoustique (24. August 2023)

Quelles sont les plus grandes difficultés acoustiques que vous rencontrez lors du développement du projet de la salle de cour de gare?

Les difficultés sont de plusieurs ordres. Il y a tout d'abord des difficultés programmatiques. Il n'est en effet pas possible de réaliser une salle avec de hautes qualités acoustiques qui s'adapte parfaitement à tous les usages. Notre travail consiste alors, en collaboration avec l'architecte et le scénographe à aider le maître d'ouvrage (ici la Ville de Sion) dans le choix du type de salle souhaitée. Une fois cette question programmatique résolue, des questions d'ordres géométriques surviennent. Comme vous le voyez, la salle est inscrite dans un gabarit contraint par l'environnement. Notre travail consiste alors à fournir aux architectes les premières indications géométriques afin que la salle soit proportionnellement harmonieuse (en hauteur

largeur et profondeur) et adaptée au programme musical précédemment défini. Viennent ensuite des problématiques acoustiques propres au projet. Dans le cas présent, la salle est située à proximité immédiate des voies ferrées et une protection acoustique spécifique est nécessaire pour ne pas entendre le bruit des trains pendant un spectacle. À cause de la position de la salle dans le bâtiment, un dispositif de protection spécial (appelé "boîte dans la boîte") est mis en œuvre. Il permet de s'assurer de l'absence de transmission de bruit de l'extérieur vers la salle et réciproquement. Enfin, un traitement acoustique intérieur, qui va composer la "signature acoustique" de la salle est élaboré. Il est le fruit d'un travail collaboratif avec tous les mandataires et aboutit au design tel que vous le verrez.

J'ai lu que le travail entre les architectes et les acousticiens posait souvent problème pour cause d'avis controversés. Rencontrez-vous ce genre de problème soit dans ce projet-ci ou auparavant? Comment se passe la collaboration avec les architectes?

Je ne peux évidemment que parler de mon cas personnel, mais je crois qu'il est représentatif. Le travail d'acousticien architectural, comme celui de l'ensemble des mandataires, est avant tout une collaboration entre des mandataires spécialisés (ingénieur civil, ingénieur ventilation, acousticien, scénographe...) et un mandataire généraliste : les architectes. En tant que membre d'une équipe, notre travail consiste à étudier et proposer des solutions qui fassent le lien entre le programme du maître d'ouvrage et le design général conçu par l'équipe architecturale. Est-ce que ce débat d'idées et de propositions se fait chaque fois sans heurts ? Évidemment non, mais dans l'ensemble, une entente cordiale et un respect mutuel sont indispensables pour parvenir à un projet de qualité. Les sujets de frictions sont nombreux et la réalisation d'un projet d'envergure peut être éprouvante pour tous et toutes. Il est donc dans l'intérêt de chacun de parvenir à une bonne entente. La confiance est ici primordiale. Certains architectes ont également fini par nouer des liens d'amitiés sincères avec des acousticiens au fil des projets. On peut penser à Jean Nouvel qui apprécie le travail de Motoo Komodaa ou de Christian de Portzamparc avec Yaying Xu. Tous deux ont collaboré ensemble sur plusieurs projets de salle d'envergures ; l'un finissant par comprendre mieux l'autre à la fois son style architectural et ses idées acoustiques. Pour finir, même s'il est préférable que la collaboration entre acousticien et architecte se passe du mieux possible, il arrive parfois que des points de désaccord surviennent. Notre travail est alors de convaincre du bien-fondé de notre démarche et des solutions proposées. Et il est tout à fait normal que les architectes questionnent notre travail comme ils le font avec tous les mandataires. Ce questionnement est parfois un peu rude en fonction du caractère des intervenants, mais il demeure nécessaire. Le plus important étant bien sûr que chacun travaille pour le bien du projet qui, ne l'oublions pas nous survivra ; les bâtiments étant par définition appelés à rester pour des décennies voire pendant des siècles pour certains. Une certaine humilité et une forme de responsabilité sont donc de mises.

Quelles sont les caractéristiques de cette salle qui feront qu'elle pourra autant être une salle de congrès qu'une salle de concert?

Pour ce projet, nous avons adopté une forme régulière parallélépipédique avec balcon périphérique. Il s'agit d'une variation d'une forme classique qui offre d'excellentes qualités acoustiques pour la musique d'orchestre. Certaines salles parmi les plus célèbres (par exemple le Musikverein de Vienne) utilisent cette géométrie parfois appelée "Boîte à chaussure". Dans le cas du projet de Sion, nous avons légèrement accentué la pente du parterre pour offrir un compromis favorable à la musique entre une salle "à plat" et une salle de congrès à la pente plus prononcée. En complément et pour faciliter le travail des musiciens (utilisation concert) ou des

orateurs (utilisation congrès), nous avons mis au point avec le scénographe un système dit d'acoustique variable qui permet d'ajuster la réponse de la salle en fonction des usages. Cela se matérialisera par des matériaux différents en fonction des usages de la salle. Une scène très modulable est également prévue.

Quelles sont vos attentes au niveau de l'acoustique de cette salle? Quel genre de musique va s'y produire?

La question est difficile, car encore une fois, notre travail est de répondre du mieux possible aux futures utilisations souhaitées par le maître d'ouvrage indépendamment de mes souhaits ou de mes préférences musicales. Cela étant dit, il y a toujours une part personnelle dans les projets et celui-ci n'échappe pas à la règle. Lorsque j'aborde un projet acoustique, j'essaye toujours, dans la mesure du possible, de faire que l'expérience ressentie dans la salle soit supérieure à ce que les gens pourraient avoir chez eux. De nos jours, presque tout le monde peut avec son smartphone ou son PC accéder à un catalogue gigantesque de musique, concerts, spectacles et autres événements filmés. Ce faisant, je pars toujours du principe que les spectateurs et spectatrices qui font l'effort de se déplacer doivent être d'une certaine manière "récompensés". Les fauteuils doivent être confortables, la visibilité doit être bonne, et évidemment l'acoustique doit être de qualité. L'architecture du lieu participe également à la qualité du spectacle. La scénographie intérieure qui se joue depuis l'entrée du bâtiment jusqu'au fauteuil est dans ce sens primordiale. Pour revenir à l'acoustique, ma philosophie de travail est en général de trouver un équilibre entre la précision d'écoute dans le jeu des musiciens et l'enveloppement apportée par l'effet de la salle. Ainsi, les mélomanes avertis comme les amateurs peuvent y trouver leur compte. L'équation n'est évidemment pas simple à résoudre. Une salle trop "sèche" gagnant en précision au détriment du confort d'écoute. Pour la musique que l'on y jouera, cela dépend évidemment de la programmation décidée par l'exploitant de la salle. Plusieurs scénarii ont été présentés au maître d'ouvrage. Pour la musique classique, des configurations allant du concert soliste (piano) à la musique de chambre en passant par la musique contemporaine ou les formations orchestrales symphoniques ont été étudiées. Pour toutes ces configurations, il existe évidemment un optimal sur lequel il est encore un peu tôt pour se prononcer.

Comment testez-vous son acoustique ?

Les essais acoustiques sont de deux natures : des essais par mesurages et des essais empiriques. La réalisation de mesures acoustiques dite " de réception" consiste pour le maître d'ouvrage à s'assurer que les qualités acoustiques de l'objet livré sont conformes à ce qui lui a été proposé lors des phases d'études. Pour ces essais, nous réalisons des campagnes de mesures quelques jours avant l'ouverture du bâtiment dans des conditions les plus proches possibles de celles de la future salle. Le type d'essais, leur nombre et leur nature font l'objet de protocoles normalisés. Ainsi, d'autres bureaux d'études acoustiques sont à même de comprendre les chiffres présentés pour avoir une vision "mathématiques" des qualités acoustiques de la salle. Au fil des années et des recherches, de nombreux paramètres tentant de reproduire les qualités acoustiques d'une salle ont été étudiés et proposés. Nous utilisons volontairement au bureau uniquement les paramètres faisant consensus au sein de la communauté scientifique.

En complément de ces essais, nous assistions aussi aux réglages des éléments scéniques de la salle ayant une influence sur l'acoustique intérieure. Ces éléments ont une influence considérable sur l'acoustique et in fine sur le confort du public. Comme par définition les régisseurs de salle accueillent leur public pour une seule représentation (il est rare d'aller voir le même spectacle plusieurs soirs d'affilés) le droit à l'erreur est limité. Les réglages d'une salle

prennent du temps et il est admis que le personnel a besoin d'une à deux saisons complètes pour se former au matériel. Toutefois, la transmission d'informations utiles lors du réglage final de la salle sur la manière d'utiliser le matériel à disposition permet de limiter cette durée. Il s'agit lors de ces essais de fournir aux futurs utilisateurs les bonnes clefs d'utilisation pour la préparation des prochains spectacles.

Quelles normes jouent un rôle important dans ce projet-ci ?

L'aspect normatif d'une salle de spectacle est à la fois très cadré et très lâche. Pour ce projet, on pourra citer :

- La LRNI qui fixe le niveau maximal à ne pas dépasser dans la salle.
- La Loi de Protection sur l'Environnement (LPE) et son ordonnance d'application (Ordonnance sur la Protection contre le Bruit- OPB) qui fixent les niveaux maximums qu'il est possible d'émettre à l'extérieur pour les installations techniques.
- La norme SIA 181 qui détermine les niveaux minimums d'isolement acoustique entre les différentes zones du bâtiment n'ayant pas la même affectation.
- Les normes ISO qui explicitent certains points particuliers comme la manière de tester certains matériaux ou éléments.

Pour finir, on notera tout de même que les qualités acoustiques ne font pas l'objet de cadres normatifs stricts. Le comportement acoustique intérieur de la salle (c'est-à-dire la manière dont elle sonne) est laissé à la libre appréciation de chaque projet.

Questions générales :

Quelle serait votre propre définition de l'acoustique?

L'acoustique architecturale (la branche dans laquelle je travaille) est l'étude et la résolution des problématiques liées à la mise en déplacement des éléments sous l'effet des vibrations (aérienne ou solide). Dans ma spécialité, on s'intéresse quasi essentiellement aux éléments se produisant dans les fréquences audibles.

Quelles sont vos méthodes de mesure les plus fréquentes? Quels engins utilisez-vous pour évaluer l'acoustique d'une salle de concert?

Les acousticiens architecturaux travaillent avec des sources de bruits calibrées (dites sources roses) et des appareils de mesures (appelés sonomètres). Les sources de bruit rose émettent une énergie équivalente à toutes les bandes de fréquences. Les sonomètres sont des appareils métrologiques constitués d'un microphone et d'un analyseur capable de fournir en temps réel la répartition de l'énergie sonore. Très grossièrement, la plupart des mesures acoustiques réalisées consistent à émettre un signal dont la nature est connue et à mesurer en un certain nombre de points l'énergie acoustique récupérée. La différence et l'analyse de cette transmission ou de cette perte d'énergie constituent le cœur des mesures acoustiques.

Pour une salle de concert, le matériel est plus ou moins le même. La nature des signaux émis, qui doit être normalisé, est toutefois un peu différente. Il s'agit la plupart du temps de séquences fréquentielles mathématiques.

Quels sont les facteurs qui contribuent à obtenir une acoustique exceptionnelle?

Malheureusement ou heureusement, il existe autant de réponses à cette question que d'auditeurs. Depuis maintenant quelques décennies, certains éléments font toutefois consensus. Un ratio géométrique approprié entre la largeur et la profondeur constitue un bon départ. Vient ensuite la question du plafond dont l'apport en termes de réflexion est fondamental pour la qualité d'une salle et raison pour laquelle les écoutes à l'extérieur sont toujours moins qualitatives. Enfin, en raison de la position de nos oreilles, l'être humain est assez sensible aux réflexions latérales provenant des murs proches de la scène. Dans le cas d'une salle de musique classique, un bon équilibre entre ces paramètres est à rechercher. D'autres éléments participent à améliorer l'acoustique d'un lieu comme un niveau de bruit de fond très bas pour ne pas être perturbé lors de l'écoute. Mais bien sûr, il ne faut pas oublier que le plus important reste bien évidemment la performance des musiciens sur scène.

Avec quels autres corps de métier que l'architecture devez-vous collaborer au cours de la construction d'une salle de concert?

Comme vous l'avez sans doute compris au travers de mes réponses, nos interlocuteurs principaux sont : l'équipe architecturale et parmi les mandataires techniques : le scénographe, l'ingénieur civil, l'ingénieur ventilation. Nous sommes ensuite dépendants d'une bonne collaboration avec les entreprises exécutrices des travaux qui mettent en œuvre, la plupart du temps à la main, l'ensemble des travaux décrits.

Quelle salle de concert tout autour du monde vous inspire-t-elle le plus, et pourquoi ?

Là encore il s'agit d'une question difficile et je suppose qu'il existe autant de réponses que de personnes. Si je devais sélectionner quelques salles, je citerais :

- La philharmonie de Berlin et le Musikverein de Vienne qui sont deux salles d'exception portées par d'excellents orchestres. Voir ces salles, c'est avoir l'occasion de comprendre pourquoi elles font consensus parmi les mélomanes.
- Les quatre grandes salles parisiennes (Opéra Garnier, Opéra Bastille, Cité de la Musique et Philharmonie de Paris) sont évidemment intéressantes à visiter pour un public francophone. Elles offrent une grande vision de la construction de salle concentrée en une seule ville. À l'exception de Berlin, Londres ou Vienne, on trouve rarement une telle profusion d'espaces musicaux dans une ville et il ne s'agit là que des plus grandes.
- J'aimerais enfin citer trois projets qui ont relancé l'intérêt du public pour les salles symphoniques modernes avec en Asie, le projet Esplanade à Singapour en Amérique le Verizon hall de Philadelphie et en Europe le KKL de Lucerne. À leur manière, ils ont démontré qu'il existait toujours un public prêt à se déplacer pour écouter de la musique ce qui n'allait pas de soi pour les décideurs politiques des années 1990. Bien au contraire nous vivons désormais une période où le public semble très friand de spectacles vivants et autres performances live.

Avez-vous des livres ou des sources à me conseiller pour ce thème ?

Vous trouverez ci-dessous deux références ouvrages généralistes.
1) "Comprendre simplement l'acoustique des bâtiments" aux éditions Le Moniteur.
2) "Les espaces de la musique" aux éditions Parenthèses.

12. Authentizitätserklärung

Ich bezeuge mit meiner Unterschrift, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und erlaubte Hilfen von Drittpersonen korrekt veranschaulicht habe. Informationen, die ich wörtlich oder sinngemäss von anderen Publikationen oder Quellen, unter anderem aus dem Internet oder mithilfe künstlicher Intelligenz (KI), verfasst habe, sind klar, wiederauffindbar zitiert und machen nur einen geringen Anteil der Arbeit aus. Die in meiner Arbeit benützten Hilfsmittel entsprechen der Wahrheit, sind vollständig aufgelistet und auf diese Weise noch nicht veröffentlicht worden. Mir ist bewusst, dass ich unter Umständen zu den von mir gebrauchten Hilfsmitteln Stellung nehmen muss.

Ort und Datum: Brig, den 30. November 2023

Unterschrift der Schülerin/des Schülers: EVA DÉCHANEZ