
BACHELORARBEIT

RAUMAKUSTIK UND KOMPOSITION

Sinfonische Aufführungspraxis und raumakustische Ideale in einer
Zeit ohne sinfonischen Konzertsaal im modernen Sinne

durchgeführt am
Signal Processing and Speech Communications Laboratory
Technische Universität Graz

von
Luca Candussi, 1313390

Betreuer:
Dipl.-Ing. Thorsten Rohde

Graz, 27. Oktober 2021

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Luca Candussi

Abstract Deutsch

In wie fern unterscheiden sich heutige Konzertbesuche und deren Klangeindruck auf ihr Publikum von den *Konzerterlebnissen* aus Leb- und Schaffenszeit ihrer Komponisten? In dieser Arbeit möchte der Autor zum Einen die historische Aufführungspraktik und die Aufführungssäle von Ludwig van Beethoven in einer Zeit deren Wandels beschreiben und weiters anhand von digitaler Simulation, Unterschiede, in Punkto grundsätzlichen Klangeindrückes, zweier höchst verschiedener und unglücklicherweise nicht mehr erhaltenen Aufführungsstätten beleuchten.

Abstract Englisch

To what extent do today's concert visits and their impression of sound on their audience differ from the *experiences* during the life and creative time of their composers? In this work, the author wants to describe the historical performance practice and the halls of Ludwig van Beethoven at a time of change and, on the basis of digital simulation, to shed light on the differences of two very different and unfortunately no longer preserved venues.

Zusammenfassung

Diese Bachelorarbeit würde zur Gänze von Luca Candussi erarbeitet und verfasst.

Beethovens Wiener Klassik Beethovens Zeit in Wien ist in vielerlei Hinsicht prägend, abgesehen vom rein musikalischen Einfluss für den der Meister bis heute verantwortlich ist. Hier ist von einer Zeit zu sprechen in welcher sich nicht nur in Hinblick auf Aufführungspraxis sondern auch gesellschaftlich in Wien vieles drastisch verändert. Das Bürgertum gewinnt immer mehr an Wichtigkeit und Präsenz und dementsprechend verändert sich auch das Publikum und folglich auch die Anforderungen an Aufführungssäle. Und auch wenn hier in erster Linie grundsätzlich an die Anforderung eines größeren Platzangebotes eines Raumes gedacht werden könnte, ist dies jedoch lediglich ein Aspekt, den es zu beachten galt.

Ein Zeitalter ohne Konzertsaal In Wien zu einer Zeit derartig großer Sinfonien soll es keinen *Konzertsaal* geben, geschweige denn einen Programmmpunkt wie ein *Sinfoniekonzert*? Wenn hier Beethoven und dessen Schaffen zur Sprache kommt ist eben genau davon auszugehen. In den *Tuchlauben* eröffnet die *Gesellschaft der Musikfreunde* (heute: Wiener Musikverein) 1831 - vier Jahre nach Beethovens Tod - ihr erstes eigenes Haus mitsamt dem 700 Personen fassenden allerersten **Konzertsaal** - ein Saal für den einschlägigen Zweck des Aufführens von Sinfoniekonzerten. Dies war der erste Saal mit dem Titel "Konzertsaal". Der tatsächlich erste für das Aufführen von sinfonischen Orchesterstücken gedacht und erbaute Saal wird der im Jahr 1870 eröffnete große Musikvereinssaal.

Die Vorbereitung auf das Sinfoniekonzert Tatsächlich lässt sich bis zum Tod Beethovens der Begriff "Sinfoniekonzert" in dem Sinn in keinem Programmheft auffinden. Außer Frage steht jedoch, dass Beethoven in jeglicher Hinsicht seiner Zeit voraus war und wesentlich die Vorstellung von Klang und dem Zusammenspiel Komposition und Raum für seine Nachfolger bzw. die ihm folgende musikalische Epoche mitbestimmt, wenn nicht sogar eingeleitet hat.

Fazit Gerade in Sachen Saal und Orchesterbesetzung unterscheiden sich heutige Aufführungen Beethovens Sinfonien oft gravierend. Sei - in diesem Fall - die Gewohnheit in kleineren Räumen zu spielen nun ein Überbleibsel aus *früheren Zeiten* oder einfach nur das Verlangen nach einem entsprechend direkten aber auch intimen Klangerlebnisses für das gesamte Publikum, so bevorzugte Beethoven auf jeden Fall die Intimität und die folglich größere dynamische Bandbreite die seine etwaigen Orchester dadurch bedienen konnten. Bleibt lediglich die Frage in wie weit Beethovens Sinfonien heute historisch korrekt rezitiert werden und warum dies nicht von grundsätzlicher Wichtigkeit sein sollte. Diese Arbeit möchte zeigen, dass die weitgehend "standardisierte" Akustik moderner Konzertsäle bedingt bis nicht zielführend ist eine Sinfonie von Beethoven authentisch zu erleben.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	i
Zusammenfassung	ii
1 Vorwort	7
2 Kontext	8
2.1 Der Komponist	8
2.2 Nachhall im Wandel der Epochen	8
2.3 Wechselwirkung und Zusammenspiel von Raum und Werk	9
2.4 Zeit des Wandels	10
2.4.1 Von den privaten Palais der Aristokratie in öffentliche Veranstaltungssäle	10
2.4.2 Aufführungsstatistik Beethoven'scher Orchesterwerke	12
3 Beethovens Neunte Symphonie	15
3.1 Die Komposition	15
3.2 Die Aufnahme	16
4 Die Räume	20
4.1 Aufführungspraxis	21
4.2 Bauformen	21
4.3 Kärntnertortheater	24
4.4 Großer Redoutensaal	26
5 Simulation	29
5.1 Die verwendete Software	29
5.2 Grundsätzlicher Ansatz einer Simulation und ihre Schwierigkeiten	30
5.3 Digitale Modelle	31
5.4 Auralisation	31
6 Ergebnisse	33
6.1 Vergleich der beiden Säle	33
6.2 Vergleich mit <i>historisch korrekter</i> Aufzeichnung	35
6.3 Einfluss der Saalgröße und dessen Akustik auf die Wahrnehmung der Musik	36
6.4 Der Raum der Zeit	37
7 Diskussion	38
Anhang	I
A Grundlagen der Raumakustik	II
A.1 Nachhall	II
A.2 Bassverhältnis <i>BR</i> (Bass Ratio)	III
A.3 Early Decay Time <i>EDT</i>	III
A.4 Deutlichkeit	IV
A.4.1 Deutlichkeitsgrad D_{50}	IV
A.4.2 Deutlichkeitmaß C_{50}	IV
A.4.3 Klarheitsmaß C_{80}	IV
A.5 Stärkemaß <i>G</i>	V

B Booklet: Anechoic Orchestral Music Recording	VI
Literaturverzeichnis	XIV
Abbildungsverzeichnis	XVI
Tabellenverzeichnis	XVII

1

Vorwort

Hören wir heute klassische Orchesterkonzerte wie sie ihre Komponisten zu Lebzeiten inszeniert und gehört haben? Es ist möglich Aufführungsstätten so auszustatten und Orchester so zu besetzen um ähnliche Klangerlebnisse einer Uraufführung von vor hundert Jahren zu empfinden. Moderne Orchester sind oft anders besetzt als beispielsweise zu Zeiten von Bach, Mozart oder Beethoven, jedoch ist ein Orchester umzubauen keine Herausforderung. Auch Instrumente ihrer Zeit nachzubauen ist keine Unmöglichkeit. Interessant ist hier Konzertsäle welche im Laufe der Geschichte verändert, renoviert oder gar komplett zerstört wurden so klingen zu lassen bzw. so zu simulieren oder nachzubilden, wie sie von den Komponisten, Musikern oder dem Publikum ihrer Zeit gehört und gespürt wurden. Die Frage, welche die vorliegende Arbeit beantworten möchte, ist weniger in wie weit ein Raum Einfluss auf das kompositorische Schaffen nimmt bzw. nahm. Dies wurde beispielsweise von Prof. Jürgen Meyer äußerst ausführlich und detailliert am Beispiel Joseph Haydns und seinen gewohnten Aufführungssälen¹⁷ beschrieben. Der Fokus dieser Arbeit wird auf verschiedene räumliche Gegebenheiten zur Zeit der späten Wiener Klassik gelegt und durch Simulation und Auralisation sei herauszufinden in wie fern sich Aufführungen vergangener Zeit von ihren heutigen Interpretationen unterscheiden um in weiterer Folge die Frage nach der Sinnhaftigkeit historisch akkurater Aufführungspraxis zu klären. Das ganze wird am Beispiel der Uraufführung und der zweiten Aufführung Ludwig van Beethovens Neunter Sinfonie durchgeführt und *hörbar* gemacht. Des weiteren wird eingehend beschreiben in wie fern sich heutige Sinfoniekonzerte von denen unterscheiden, wie sie vom Meister persönlich inszeniert und gehört bzw. *nicht* gehört wurden.

Ist es sinnvoll oder notwendig historische Verhältnisse zu reproduzieren? Hatte ein Raum in welchem konzertiert bzw. uraufgeführt wurde Einfluss auf die Komposition selbst? Wie stark unterschieden sich Konzerte von Kompositionen zur Zeit ihrer Uraufführung von den heutigen Inszenierungen vor allem in Hinblick auf die räumlichen Einflüsse?

Derartige Fragen möchte der Autor in dieser Arbeit beantworten und dies anhand einer Komposition welche die musikalischen Konventionen ihrer Zeit sprengte, eine Sinfonie in einer Zeit in der in Wien noch kein für sinfonische Orchesterwerke gedacht bzw. gebauter Saal existierte, geschweige denn der Terminus *Sinfoniekonzert* in einem Programm auffindbar war.

2

Kontext

Wie Aufführungen zu Lebzeiten klassischer Komponisten von ihrem Publikum tatsächlich erlebt wurden, müssen wir wohl jenen *glauben*, deren Meinung “überliefert” wurde. Damit bleiben uns, wenn überhaupt meist nur Kritiken der Besucher ihrer Zeit. Jedoch gewann die Archäoakustik (*archaeoacoustics*) in den letzten 20 Jahren aufgrund immer stärker werdender Computer immer mehr an Bedeutung und befasst sich mit unter auch genau mit der Simulation bzw. Auralisation historischer Räume und Aufführungen. Beispielsweise die akustische Bestandsaufnahme der Notre Dame²⁰, welche wenige Jahre vor ihrem verheerenden Brand durchgeführt wurde oder die Auralisation einer Bachkantate von Boren¹².

Wir befinden uns in einer Zeit des Umschwungs. Es wird nicht mehr nur für Herrscher und Kirche komponiert. Mit dem Zerfall der Aristokratie und dem Aufschwung des Bürgertums steigt die Nachfrage nach mehr öffentlichen Aufführungen und dementsprechend die Anforderung an mehr Plätze in den dafür vorgesehenen Räumlichkeiten.

2.1 Der Komponist

Ludwig van Beethoven wurde 1770 in Bonn getauft, kam 1792 nach Wien wo er bis an sein Lebensende komponierte und Konzerte spielte. Bereits um das Alter von 28 Jahren machten sich die ersten Anzeichen eines Gehörverlustes bemerkbar, was schlussendlich zu fast gänzlicher Taubheit führen würde aber seinen Umgang mit Orchester und Raumakustik ungeachtet der Werke, welche er trotz seiner Gebrechen komponierte in keiner Weise an Genie mangeln lies. Ganz im Gegenteil. So lebte er zwar zurückgezogen, jedoch komponierte er weiter und schaffte immer mächtigere, immer kühnere Werke. Obwohl er als Komponist des Höhepunktes der Wiener Klassik gilt kann er durchaus als Wegbereiter der Folgeepochen, nämlich der Romantik, angesehen werden und dies nicht allein aufgrund seiner Musik.

Ludwig van Beethoven verstarb im Alter von 57 Jahren zurückgezogen am 26. März 1827 in Wien.

2.2 Nachhall im Wandel der Epochen

Der Akustiker Leo Leroy Beranek stellt in seinem Buch *Concert and Opera Halls - How They Sound*¹⁰ messtechnisch ermittelte akustische Werte den Präferenzen von über hundert Musikern und Dirigenten gegenüber und findet mit unter die hier in weiterer Folge beschriebenen, als ideal angenommenen Nachhallzeiten für Räume zur Aufführung von Werken diverser Epochen.

Im **Barock** lagen die Nachhallzeiten typischer Aufführungsorte in der Regel bei weniger als 1,5 Sekunden. Die meisten Fugen von Bach wurden für kleinere Kapellen mit niedrigen Nachhallzeiten konzipiert und auch die Thomaskirche in Leipzig, würde man mit 2 Sekunden Nachhall heute eher als trocken bezeichnen. Heutzutage ist es üblich typisch barocken Kontrapunkt mit den charakteristischen Tempi und Verzierungen, bei niedrigeren Nachhallzeiten aufzuführen.

In der **Klassik** löste man sich nicht nur musikalisch vom Kontrapunkt sondern auch in Punkt und Raumlichkeit langsam auch von Hof und Kirche. Man steigerte sich nicht nur kompositorisch, sondern auch klanglich in Richtung Fülle und Größe. Größere Besetzungen und erhöhtes Publikumsinteresse und somit auch die Anforderung an mehr Platz für mehr Zuhörer und Zuhörerinnen führten zu größeren Räumlichkeiten. Dennoch findet man die ersten Säle mit Nachhallzeiten, die bei Vollbesetzung 1,6 Sekunden übersteigen, erst Mitte des 19. Jahrhunderts und den ersten als *sinfonischen Konzertaal* zu bezeichnenden Raum Wiens tatsächlich erst Jahre nach Beethovens Tod. Heute bevorzugen wir für klassische Aufführungen Nachhallzeiten zwischen 1,6 und 1,8 Sekunden, was späteren Konzertsälen dieser Periode entspricht.

Die **Romantiker** streben nach einem voluminösen Klangideal bei gleichzeitiger Unschärfe und Dramatik, was sich in Forderung nach mehr Hall im Raum ausdrückt. So befindet sich die Nachhallzeit im Bereich zwischen 1,9 und 2,1 Sekunden. Der Direktschalls aus dem Orchestergraben soll den Reflexionen des Raums klar unterlegen sein. Diese prägenden Ansprüche zeigen noch heute Nachwirkungen im Bau von Konzerthallen und sind durchaus präsent in Werke eingeflossen. Der Raum hat nun also seine Rolle und die entsprechende Präsenz.

Ein **zeitgemäßer Konzertaal** sollte im besten Fall in der Lage sein, der oben aufgeführte, breite Palette an raumakustischen Idealen nachzukommen um in ihm jedwedes Werk ihrer epochalen Aufführungspraxis entsprechend aufführen zu können. Daher gewinnt die variable Raumakustik, sei sie nun aktiv oder passiv, immer mehr an Wichtigkeit und Stellenwert. Hier liegt möglicherweise auch die Rechtfertigung dieser Arbeit begraben, zumal es ferner um die grundsätzliche Frage um die heutige Sinnhaftigkeit historisch *korrekter* Aufführungen geht. Der Ruf eines Saales wird laut Beranek maßgeblich von den Kritikern bestimmt, welche sehr wohl auch den räumlichen Eindruck entsprechend dokumentieren.

2.3 Wechselwirkung und Zusammenspiel von Raum und Werk

Bereits im Jahr 1752 schreibt Johann Joachim Quantz über die Beurteilung von Musik in *Versuch einer Anweisung die Flöte traversière zu spielen*, S.280: "Ein Stück das uns in der Kammer fast bezaubert hatte; kann uns hingegen, wenn man es auf dem Theater hören sollte, kaum mehr kenntlich seyn."²¹ J.J.Quanz spricht hier deutlich die Abhängigkeit des musikalischen Empfindens von den Eigenschaften des Aufführungsraums an. Die kritische Betrachtung musikalischer Rezeptionsbedingungen war im 18.Jahrhundert durchaus ein Novum und mit dieser erstmaligen Verschriftlichung kündigte Quantz einen bemerkenswerten Wandel musikalischen Denkens an. Dr. Stefan Weinzierl geht hier im zweiten Kapitel seines Buches "Beethovens Konzerträume"²³ noch einen Schritt weiter und stellt die Vielzahl von Hörsituationen, denen eine Musikhörerin bzw. ein Musikhörer des 20.Jahrhunderts ausgesetzt ist. Jene Hörerinnen und Hörer sind es gewohnt beispielsweise eine Sinfonie von Beethoven sowohl im Konzertaal als auch in der Kirche, sowie im heimischen Wohnzimmer oder im Autoradio vorgespielt zu bekommen. Allen Anschein nach sind derartige Verhältnisse zu einer Alltäglichkeit geworden, sodass es kaum Protest auslöst, wenn ein Stück aufgrund raumakustischer und/oder aufführungspraktischer Umstände einen Bruchteil - oder gar einen Großteil - seiner Schönheit einbüßt.

Wo genau aber wurden nun die Sinfonien von Ludwig van Beethoven aufgeführt und waren jene Räumlichkeiten den Werken angemessen ausgesucht worden? Schließlich hatte auch noch zu Zeiten Beethovens der Leiter des Orchesters dafür Sorge zu tragen, wie ein Saal bespielt und akustisch genutzt wurde. Wie und wo werden die Sinfonien von Beethoven heute aufgeführt und ist dies "richtig" so?

Bevor diese Fragen geklärt werden können muss ein musikhistorischer Konsens geklärt werden um auf dessen Grundlage zu erörtern, in wie weit oben stehende Fragen überhaupt zulässig und

zielführend sind.

Obwohl Beethoven nicht im Auftrag oder für einen konkreten Anlass komponiert und seine Werke den Rahmenbedingungen der Realisierung nicht annähernd in der Weise verpflichtet sind wie jene Haydns, wurde die Kenntnis über räumlichen Aufführungsbedingungen durchaus als ideal empfunden. In Hinblick auf die Unterschiede der zur Verfügung stehenden Säle Wiens, war es unerlässlich Instrumentation und Besetzung von Orchester, Chor und Solisten den jeweiligen Aufführungsräumen entsprechend anzupassen, um auch in größeren Räumen einen hinreichenden „Effekt“ erzielen zu können.

2.4 Zeit des Wandels

Die akustischen Umstände, welche vor, während und nach Beethovens Schaffenszeit als Ideale empfunden wurden und die unterschiedlichsten Räume in denen Beethoven spielte machen ihn zu einem vorzüglichen Beispiel in Hinblick auf ihren Wandel. Zusätzlich war Beethoven Zeit seines Lebens freischaffender Komponist und folglich an keinen Hof oder dergleichen gebunden und somit - sozusagen - nicht *akustisch vorbelastet*. Wir können ihn also ruhigen Gewissens als einen Vorreiter oder Wegbereiter der Romantik sehen. Dass er Zeit seines Lebens freier Komponist war, was für diese Zeit durchaus unüblich war und erst in der Folgeepochen, Schule machen würde, bedeutet auch, dass er oft bis ein paar Wochen vor einer Aufführung nicht wusste wo konzertiert werden würde. Jedoch war er durchaus bestens mit den Aufführungsräumen Wiens vertraut und hat entsprechend um- und nachbesetzt, eben meist verstärkt. Während es zu Beginn der Wiener Klassik noch üblich war in kleineren Sälen zu konzertieren, beispielsweise in diversen privaten Palais der Wiener Aristokratie, resultierte das Aufstreben des Bürgertums in immer größerem Verlangen Theater, Oper oder Oratoriumsaufführungen vor größerem, eben bürgerlichem Volk aufzuführen, was mitunter unweigerlich zur Forderung von mehreren Zuschauerplätzen und folglich größeren Sälen führte. Das Verlangen nach einem großen Saal ist also nicht nur den Komponisten und der Aufführungspraxis geschuldet, das öffentliche Konzertwesen und sein Publikum hatten natürlich ebenso Einfluss auf das *Größerwerden* der Aufführungssäle, die nach Beethoven noch gebaut werden sollten. Als Überbleibsel aus dem Barock war es natürlich üblich zur Zeit der frühen Wiener Klassik noch in kleineren Sälen zu musizieren, ganz im Sinne der vorherrschenden Kammermusik. Also waren auch die Orchester gerade zur Zeit von Mozart und Haydn eher klein. Hierbei ist von drei bis vier ersten Geigen-Pulten im Durchschnitt auszugehen. Wohingegen zur Uraufführung der Neunten Sinfonie von Beethoven zwölf erste Geigen besetzt waren und dies in einem Theatersaal, einem Saal der um vielfaches kleiner war als Säle welche im heutigen Sinne als *wirkliche Konzertsäle* bezeichnet werden.

2.4.1 Von den privaten Palais der Aristokratie in öffentliche Veranstaltungssäle

Ludwig van Beethoven übersiedelt im Jahr 1792 nach Wien, einer Zeit im Zentrum des Habsburger-Reiches in der in keiner Weise abzusehen war, dass sich sinfonische Aufführungen allmählich aus der höfisch-aristokratischen Szene lösen würde. Die Voraussetzungen für einen bürgerlichen und kommerziell organisierten Konzertbetrieb waren zu dieser Zeit nicht gegeben, weder gesellschaftlich noch institutionell. Ebenso mangelte es erstens an einem öffentlich zugänglichen und ausschließlich diesem Zweck dienlichen Konzertsaal und zweitens an einem festen Format für sinfonische Aufführungen - etwas, was eben als „Sinfoniekonzert“ beschrieben hätte werden können. Die Räumlichkeiten in denen Beethovens Werke aufgeführt wurden können als vier Raumtypen kategorisiert werden: **Theater, fürstliche Privatpalais, Tanzsäle und Restaurants und öffentliche Repräsentations- und Festsäle.**

Fürstliche Privatpalais Das Zentrum sinfonischer Musikpraxis in Wien, Mitte des 18.Jahrhunderts bilden die Festsäle und Musikzimmer diverser adeliger Privatpalais. Zu Beginn der

Wiener Klassik werden nämlich Konzerte Großteils in privaten Palais der Aristokratie aufgeführt, wie beispielsweise jene von Haydn oder Mozart welche auch mit entsprechend “kleinerer” Besetzung auftraten, im Gegensatz zu den Ausmaßen der Orchesterbesetzungen mit denen Beethoven gegen Ende seiner Schaffenszeit *aufmarschierte*. Die Beethoven-Konzerte im Festsaal des Palais vom Fürsten Lobkowitz waren bis 1810 ein fixer Bestandteil des Wiener Konzertlebens. Dies kann durchaus als Überbleibsel der intimeren und der Obrigkeit vorbehaltenen Kammermusik aus dem Barock erachtet werden. Das für Wiener Adelpaläste typische Palais des Fürsten Lobkowitz ist heute noch erhalten. Das ungewöhnlich reiche Spektrum privater Musikgesellschaften bleibt in Wien bis etwa 1810 bestehen. Bis schlussendlich die aus den napoleonischen Kriegen zunehmende Belastung der Staatsfinanzen zum Rückzug der Aristokratie und somit auch einer bestimmenden Kraft des kulturellen Lebens in Wien führt.

Theater Die wichtigsten Örtlichkeiten öffentlich zugänglicher Konzerte waren “musikalische Akademien” in den beiden Hoftheatern, dem Burgtheater, dem Theater an der Wien und dem Kärntnertortheater. Und selbst dort konnten jene sogenannten Akademien zwar bereits in den 1740er Jahren, jedoch lediglich an *spielfreien Tagen*, Tagen an denen keine Oper und kein Schauspiel auf dem Spielplan stand, zum Besten gegeben werden. Zudem versprachen Konzerte wesentlich weniger Einnahmen als übliche Theater- oder Opernproduktionen, was die Theater veranlasste die Zahl spielfreier Tage möglichst gering zu halten. Als Beethoven seine Ersten Sinfonie im Burgtheater uraufführte, wurde sie als ungewöhnliches Ereignis begrüßt:

“Endlich bekam doch auch Herr Beethoven das Theater einmal, und dies war wahrlich die interessanteste Akademie seit langer Zeit.”¹

Erwähnt sei hier, dass die Konzerte sowie Opern und Schauspiel für ein bürgerliches Publikum frei zugänglich waren. Bis weit ins 19.Jahrhundert spielen die Theater eine große Rolle für das öffentliche Konzertwesen in Wien.

Öffentliche Repräsentations- und Festsäle Nach der kriegsbedingten Stagnation der Wiener Konzertaktivität zwischen 1809 und 1811 erwachte durch die napoleonische Bedrohung das Nationalgefühl, was bis zum Wiener Kongress die Ausbildung einer bürgerlichen Konzertkultur begünstigte. Auch Beethoven trug mit programmatischen Werken seinen Teil bei. So findet 1813 die Uraufführung der Siebten Sinfonie in einer Akademie zugunsten der in der Schlacht bei Hanau invalid gewordenen Soldaten statt. Aufgrund starker Einschränkungen der Hoftheater und des simplen Mangels eines Konzertsangs, waren alternativ eben lediglich die zum Zweck musikalischer Darbietung adaptierten Festsäle Wien zur Auswahl. Dazu gehörten die beiden Redoutensäle der Hofburg, das Versammlungshaus der Niederösterreichischen Stände (Landhaus) und der Festsaal der Universität, der etwa 1000 Zuhörerinnen und Zuhörer fassen konnte und in welchem die Siebte Sinfonie schließlich uraufgeführt wurde.

Tanzsäle und Restaurants Kommerzielle Subskriptionskonzerte, wie sie zum Beispiel in deutschen Metropolen wie Frankfurt, Leipzig oder Hamburg bereits seit 1760 eine feste Einrichtung waren gab es in Wien im 18.Jahrhundert eher selten und waren meist nur von kurzer Lebensdauer. Die einzigen beiden Säle dieser Gattung, welche eine Rolle in Punkt Aufführungsräume für Beethovens Sinfonien spielen, waren der Saal des Augarten-Restaurants und der Tanzsaal zur Mehlgrube.

Andere Lokalitäten Es gibt weitere Lokalitäten, welche nicht zu obigen Raumtypen gezählt werden können aber auch in Hinblick auf die Aufführungen von Beethovens Sinfonien nicht von Belangen sind. Der Vollständigkeit halber seien das Etablissement Jahn in der Himmelsfortengasse, das Hotel Zum römischen Kaiser, das Haus Zum roten Apfel, der Gundelhof und das

Gebäude Zum roten Igel hier erwähnt.

2.4.2 Aufführungsstatistik Beethoven'scher Orchesterwerke

	Raum	1794/95-1806/07	1807/08-1814/15	1815/16-1826/27	Summe
Theater	Burgtheater	6	7	2	15
	Kärntnertortheater		5	26	31
	Theater an der Wien	4	11	5	20
Große Repräsentationssäle	Gr. Redoutensaal		7	36	43
	Kl. Redoutensaal	22	8	13	23
	Universität		15	6	21
	Landhaus		1	38	39
Aristokratische Festäle	Palais Lobkowitz	4	2		6
	von Würth	4			4
Restaurants und Tanzsäle	Augarten	12	6	3	21
	Mehlgrube		1	9	10
	Zum röm. Kaiser		3	3	6
	Zum roten Igel			4	4
	Gundelhof			2	2
	andere	4	2	4	10
	Summe	36	68	151	255

Tabelle 2.1: Aufführungen und Aufführungsräume Beethoven'scher Orchesterwerke in Wien zwischen 1795 und 1827

In Tabelle 2.1 sind Aufführungsräume und die Anzahl an in ihnen aufgeführten Orchesterwerken von Beethoven zu seiner Zeit aufgelistet⁴. Hier ist auch deutlich ersichtlich, wie sehr es orkestrale Werke in größere, dem Bürgertum zugänglichere Säle zieht, während zusätzlich zu erkennen ist, dass in den aristokratischen Festälen in der Periode 1815/16 – 1826/27 keine einzige Aufführung verzeichnet ist.

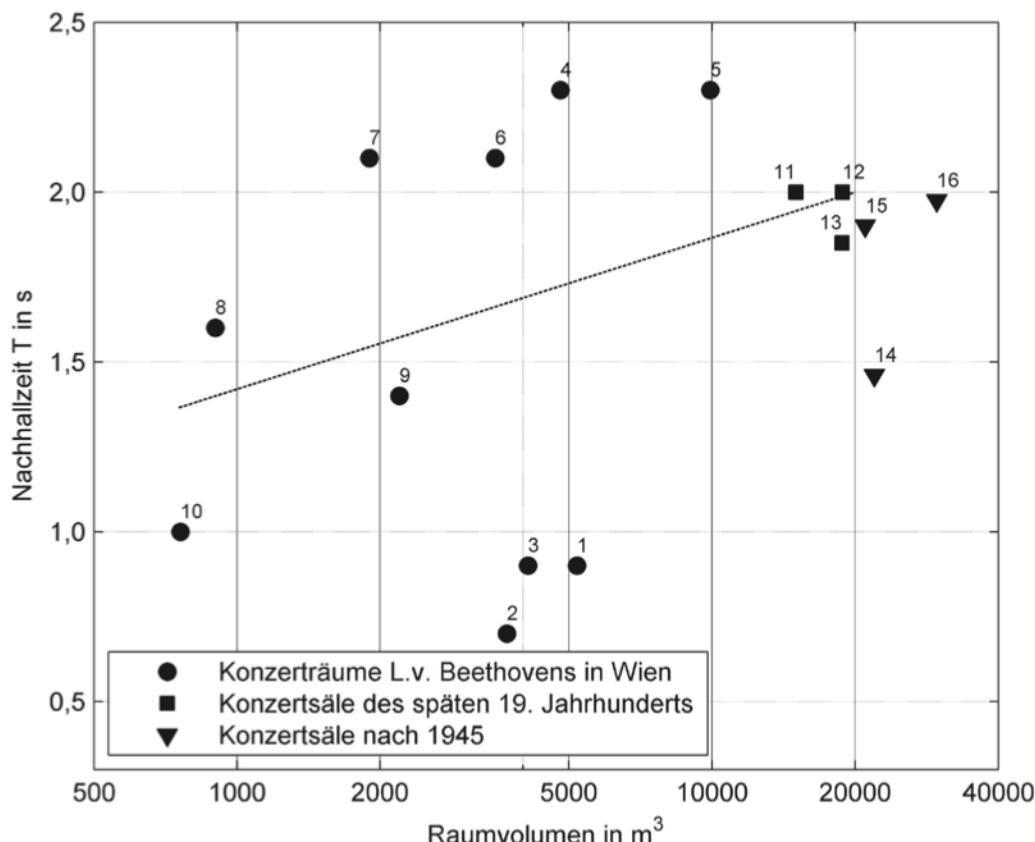
	Raum	1794/95-1806/07	1807/08-1814/15	1815/16-1826/27	Summe
Theater	Burgtheater	1	4	2	7
	Kärntnertortheater			5	5
	Theater an der Wien	3	5	1	9
Große Repräsentationssäle	Gr. Redoutensaal		6	19	25
	Kl. Redoutensaal		2	3	5
	Universität		10	3	13
	Landhaus		1	17	18
Aristokratische Festäle	Palais Lobkowitz	3			3
	von Würth	3			3
Restaurants und Tanzsäle	Augarten	1	4	1	6
	Mehlgrube		1	7	8
	Zum roten Igel			1	1
	andere			2	2
	Summe	11	33	61	105

Tabelle 2.2: Aufführungen und Aufführungsräume von Beethovens Sinfonien in Wien zwischen 1795 und 1827

Tabelle 2.2 ist eine Zusammenfassung von **Tab. 3.3** (S. 58) aus Stefan Weinzierls *Beethovens*

Konzertsäle²³ nach dem Format von Tabelle 2.1. Sie bestätigt den Aufschwung des Bürgertums und den Weg aus den Palais der Aristokratie in öffentliche Räumlichkeiten in alleinigem Hinblick auf Beethovens Sinfonien.

Von Interesse in Hinblick auf diese Arbeit sind die **Theater** und **öffentlichen Représenta-**
tions- und Festsäle, das **Kärntnertortheater** und der **große Redoutensaal** der Wiener Hofburg um präzise zu sein.



- | | | | |
|---|----------------------|----|-------------------------|
| 1 | Theater an der Wien | 9 | Augarten-Saal |
| 2 | Burgtheater | 10 | Saal zur Mehlgrube |
| 3 | Kärntnertortheater | 11 | Wiener Musikvereinssaal |
| 4 | Universitäts-Saal | 12 | Concertgebouw Amsterdam |
| 5 | Großer Redoutensaal | 13 | Boston Symphony Hall |
| 6 | Kleiner Redoutensaal | 14 | Royal Festival Hall |
| 7 | Landhaus-Saal | 15 | Philharmonie Berlin |
| 8 | Palais Lobkowitz | 16 | Philharmonie am Gasteig |

Abbildung 2.1: Raumvolumen und Nachhallzeit

Abbildung 2.1 zeigt Raumvolumina und Nachhallzeiten der zehn wichtigsten Aufführungsräume in denen Beethoven seine Orchesterwerke in Wien aufführte (1–10)²³ und ebenso jene von drei Konzertsälen des späten 19. Jahrhunderts (11–13) und drei Konzertsälen aus der Zeit nach 1945 (14–16)¹⁰. Die Werte gelten jeweils für den mit Publikum besetzten Raum und wurden für die modernen Säle auch messtechnisch bestimmt. Die empfohlene Nachhallzeit von Räumen

für Musik nach DIN 18041:2004-05³, welche die Hörerwartung einer mit dem Raumvolumen ansteigenden Nachhallzeit ausdrückt, ist als gestrichelte Linie dargestellt.

Man beachte zum Vergleich die Säle **(11) Wiener Musikvereinssaal** und **(12) Concertgebouw Amsterdam**. Zwei der, wenn nicht gar **die** höchst gelobtesten und berühmtesten Konzertsäle unserer Zeit.

Die Säle in denen Beethoven die Neunte Sinfonie zum ersten und zweiten Mal aufführte sind als **(3) Kärntnertortheater** (Uraufführung) und **(5) Großer Redoutensaal** eingezzeichnet. Und bereits auf dem ersten Blick fällt ein bemerkenswerter Unterschied zwischen den beiden Räumen. Auch wenn beim **großen Redoutensaal** keinesfalls die Rede von einem zweckdienlichen sinfonischen Konzertaal sein kann, war er allem Anschein nach heutiger Sicht zumindest “am Papier” keine allzu schlechte Wahl für die Aufführung der Neunten Sinfonie, obwohl dieser Saal höchstwahrscheinlich mitunter aufgrund der hohen Nachfrage und des entsprechend höherem Platzangebotes für die Wiederholung der Neunten gewählt wurde, obwohl er schlussendlich fern von voll besetzt war. Schließlich waren zur zweiten Aufführung der Neunten Sinfonie, zwei Wochen nachdem sie mit tosendem Beifall im zur Gänze ausverkauften Kärntnertortheater gekürt worden war, lediglich 800 Damen und Herren im Publikum des großen Redoutensaals anwesend. Die gesamte Galerie war unbesetzt. Dies lag zum Einen daran, dass viele bereits auf ihre sommerlichen Landsitze gereist waren. Zum Anderen waren speziell die Sitzplätze auf der Galerie äußerst teuer und allen Anschein nach zu teuer.⁸

3

Beethovens Neunte Symphonie

Nach mehr als zehnjähriger Pause wandte sich Beethoven wieder der Gattung Sinfonie zu und komponierte mit der Neunten seine letzte vollendete Sinfonie. Die Uraufführung der 9. Sinfonie op. 125 am 7. Mai 1824 wurde vom Publikum mit enormen Beifall gefeiert. Die Sinfonie selbst steht ihren Vorgängerinnen in nichts nach. Im Gegenteil, sie schlug ein wie eine Bombe und dies nicht nur im Sinne von Beifall des Publikums, sondern gleichermaßen in akustischer bzw. aufführungspraktischer Hinsicht. Sie wurde im Wiener Kärntnertortheater vor restlos ausverkauftem Saal uraufgeführt und aufgrund des derartigen Erfolgs und der entsprechend großen Nachfrage etwa zwei Wochen später noch einmal im großen Redoutensaal der Wiener Hofburg zum Besten gegeben. Der Komponist selbst war bei der Uraufführung seiner Neunten Sinfonie bereits komplett ertaut und wurde laut Sigismund Thalberg, einem Zeitgenossen Beethovens, sowohl nach dem Scherzo als auch nach dem Chorfinale von einer seiner Solistinnen zum Publikum gedreht um die Ovation der begeisterten Menge zumindest zu *sehen*.

3.1 Die Komposition

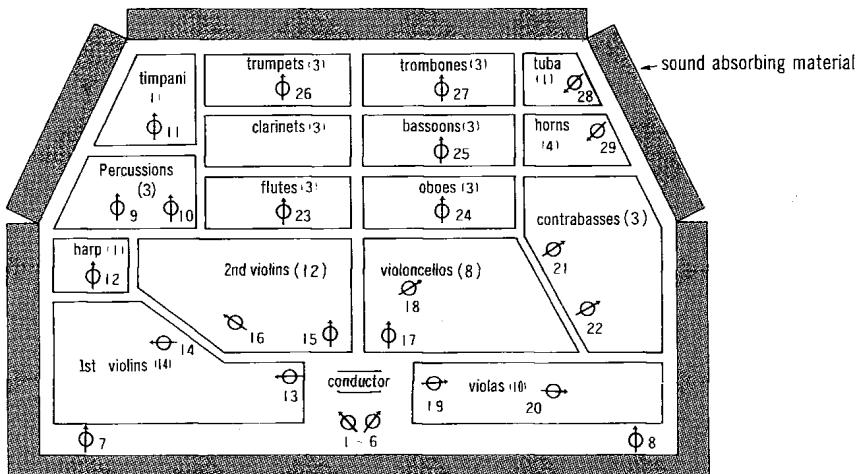
Zusätzlich zum Orchester setzt der Komponist im Finalsatz Gesangssolisten sowie einen gemischten Chor ein womit dieses Werk als sogenannte *Sinfoniekantate* eine Zäsur der Musikgeschichte darstellt und folgende Generationen von Komponisten beeinflussen würde. Friedrich Schillers Gedicht An die Freude wurde als textuelle Grundlage gewählt. Auch in Hinblick auf die Aufführungsdauer von ca. 70 Minuten sprengt Beethoven mit seinem letzten Geniestreich alle damalig üblichen Dimensionen deutlich und legte somit den Grundstein für die teilweise abendfüllenden Sinfonien der Romantik, wie beispielsweise jene von Bruckner oder Mahler. Bis heute ist die Neunte Sinfonie von Ludwig van Beethoven eines der bekanntesten Werke der klassischen Musik.

The musical score extract consists of seven staves of music for a full orchestra. The instruments listed on the left are: Flauti, Oboi, Clarinetti in B., Fagotti, Contrafagotto, Corni in D., Corni in B., Trombe in D., Timpani in D.A., Violino I, Violino II, Viola, and Violoncello e Basso. The music is in 2/4 time. The first three staves (Flauti, Oboi, Clarinetti) begin with a dynamic of ***ff***. The fourth staff (Fagotti) starts with a dynamic of ***ff*** followed by a **p**. The fifth staff (Contrafagotto) starts with a dynamic of ***ff*** followed by a **d.**. The sixth staff (Corni in D.) starts with a dynamic of ***ff*** followed by a **p**. The seventh staff (Corni in B.) starts with a dynamic of ***ff*** followed by a **p**. The eighth staff (Trombe in D.) starts with a dynamic of ***ff*** followed by a **p**. The ninth staff (Timpani in D.A.) starts with a dynamic of ***ff***. The tenth staff (Violino I) has rests. The eleventh staff (Violino II) has rests. The twelfth staff (Viola) has rests. The thirteenth staff (Violoncello e Basso) has rests. The music is labeled **Presto. d. 96.**

Abbildung 3.1: Partiturauszug: Neunte Sinfonie, 4.Satz, Takt 1-7

3.2 Die Aufnahme

Abbildung 3.1 ist ein Auszug der ersten sieben Takte des vierten Satzes der Neunten Sinfonie. Bei diesem Ausschnitt handelt es sich um die Partitur jener nachhallfreien Aufnahme welche zur Auralisation in den beiden Sälen verwendet wurde.



Figures in brackets indicate the number of instruments

Φ : microphone, numerals indicate the recording channel number

Abbildung 3.2: Orchester- und Mikrofonplatzierung der Anechoic Recordings

Es sollte klar sein, dass es sich hier um das Herausarbeiten von grundsätzlichen Eigenschaften und Beschaffenheiten der Räume Beethovens handelt um sich zumindest ein Bild dieser historischen Aufführungen zu machen und zu detaillierter Weiterarbeit zu motivieren. Auch der Aufwand eine nachhallfreie Aufnahme zu produzieren würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen und daher wurde eine fremde Aufnahme aus dem Jahr 1988 verwendet. Abbildung 3.3 zeigt das Cover der *Anechoic Orchestral Music Recording*¹³ (siehe Anhang B) auf der sich auf Titel Nummer 11 die ersten sieben Takte des vierten Satzes der Neunten Sinfonie (Abbildung 3.1) befinden. Nachhallfreie Aufnahmen machen es nicht nur möglich ihre Wechselwirkungen auf und mit verschiedenen Raum- bzw. Hallsimulationen zu vergleichen, sie bieten aufgrund der Klarheit und Durchhörbarkeit aller einzelnen Instrumente eine einzigartige Möglichkeit zum Partiturlesen und die Chance ein Stück und seinen Orchesterklang auf eine neue Weise kennenzulernen. Zu erwähnen ist hier, dass auch die Besetzung der Aufnahme von jenen aus dem Jahr 1824 abweicht. Die Besetzungen der Orchester der Uraufführung am 7. Mai 1824 im Kärntnertor, der zweiten Akademie am 13. Mai 1824 im großen Redoutensaal und jene der nachhallfreien Aufnahme aus dem Jahr 1988 (Abbildung 3.3) sind in Tabelle 3.1 aufgelistet.

	7.5 (Kärntnertortheater)	23.5 (Großer Redoutensaal)	Anechoic Recording
Vl I	12	14	14
Vl II	12	14	12
Va	10	10	10
Vc/Kb	12	12	11
Picc	2	2	-
Fl	4	4	3
Ob	4	4	3
Kl	4	4	3
Fg	4	4	3
KFg	2	2	-
Hr	4	4	4
Tp	2	2	3
Pos	3	3	3
Pk/Perc	4	4	4
Chor	ca. 90	ca. 90	kein Chor*

Tabelle 3.1: Orchesterbesetzungen - Vergleich: 7.5/23.5 1824 und Anechoic Recordings

*irrelevant da auf der Aufnahme kein Chor singt

Der Ausschnitt ist zum einen interessant und doch gut gewählt, da die Dynamik recht hoch ist, jedoch ist fehlen zum anderen sowohl Streicher als auch Chor, eben jene Grundpfeiler dieses Werks, wenn man so möchte. Nichts desto trotz hat dieser Ausschnitt dieses Pompöse und Mächtige, was Beethoven durchaus auszeichnet. Da, wie in Abbildung 3.1 ersichtlich ohnehin hauptsächlich Holz- und Blechbläser spielen und deren Besetzung bei allen drei "Aufführungen", wie es in Tabelle 3.1^{15 13} ersichtlich ist, doch sehr ähnlich ist, kann die Simulation und Auralisation dieses Ausschnitts, unter Berücksichtigung aller kompromittierten Parameter als annehmbar angenommen und akzeptiert werden. Interessant ist hier, dass der Komponist sein Orchester bei beiden Aufführungen fast identisch besetzt hat, lediglich die Violinen verstärkte er (um vier weitere). Dies lässt zudem den Vergleich der Auralisationen in beiden Sälen mit derselben nachhallfreien Aufnahme zu.

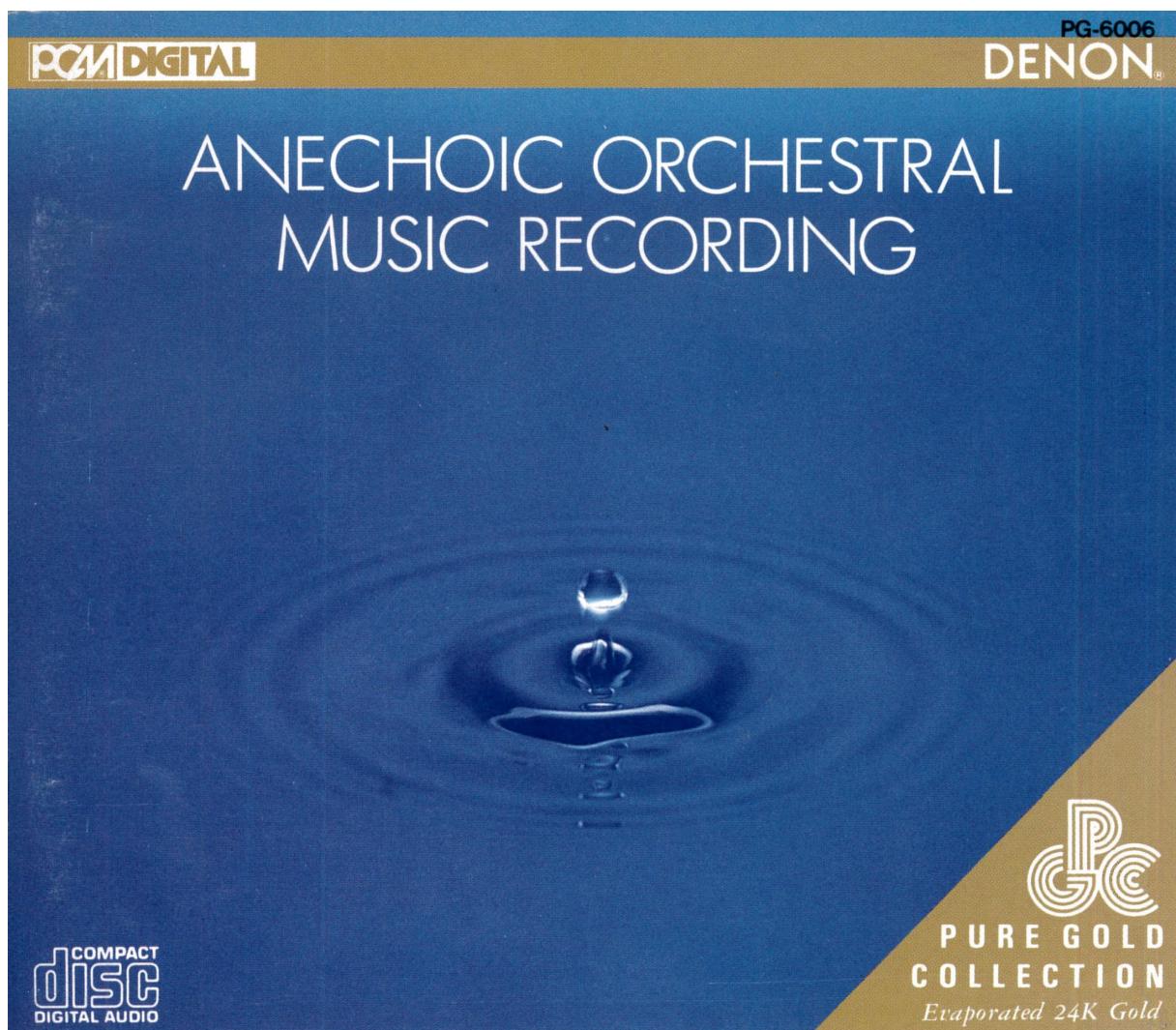


Abbildung 3.3: Anechoic Orchestral Music Recording

Üblich werden nachhallfreie Aufnahmen im reflexionsfreien bzw. schalltoten Raum durchgeführt, jedoch ist bei Orchesteraufnahmen eine entsprechend größere Grundfläche für die Orchestermusiker samt Instrumenten von Nöten als herkömmliche Räume dieser Art bieten und die Alternative im Freifeld aufzunehmen wurde im Falle des *Anechoic Orchestral Music Recording*¹³(siehe Anhang B) aufgrund der eindeutigen Schwierigkeiten welche mit der Vermeidung von Nebengeräuschen einhergehen nicht in Betracht gezogen. Schlussendlich wurde die Bühne eines normalen Konzetsaales (Minoo Shimin-Kaikan, Osaka) mit riesigen Mengen an schallabsorbierenden Materials vollkommen umschlossen und auf diese Weise zu einem schalltoten Raum umfunktioniert. Das gesamte Orchester war also von allen Seiten mit Absorbern umgeben, was auch in Abbildung 3.2 zu erkennen ist, lediglich für die Celli und Bässe mussten kleine Teile des Bodens ausgenommen werden um sie aufstellen zu können. Die Aufnahmen der Produktion geschahen unter Einhaltung der Bedingungen der internationalen Norm für reflexionsarme Räume (ISO 3745)². Der allgemeinen Neigung von Musikern, in trockenen Räumen durch Fermaten verlängerte Pausen etc. etwas kürzer anzuhalten als üblich, was bei Wiedergabe mit nachträglich hinzugefügtem Hall oder im virtuellen Raum nicht den gewöhnlichen musikalischen Fluss ergäbe, wurde mit einem mit 2s Nachhallzeit verhalltes Monitorsignal auf Kopfhörern für Musikerinnen, Musiker und Komponisten entgegengewirkt.

4

Die Räume

Auch wenn Hörerinnen und Hörern die Wichtigkeit raumakustischer Verhältnisse eines Raumes, handle es sich nun um einen Konzertsaal, ein Theater oder gar einen Sitzungssaal oder ein Großraumbüro, nicht unmittelbar bewusst ist, spielt die Raumakustik immer eine entscheidende Rolle welche einem Raum, neben dem allgemeinen Ambiente, nicht nur seinen eigenen individuellen Charakter verleiht. Die Auswirkungen raumakustischen Designs sind eindeutig wahrnehmbar und fließen direkt in das Konzerterlebnis ein. Musikerinnen, Musiker und Publikum teilen im Grunde dieselben Vorstellungen von bzw. Anforderungen an einen "gut klingenden" Konzertsaal. Leise Passagen sollten klar hörbar sein, laute Passagen entfalten erst mit entsprechendem Nachhall ein gewisses Maß an Dramatik, dürfen jedoch keine unangenehme Lautstärkepegel erreichen. Der Nachhall sorgt für klangliche *Einhüllung* und Lebendigkeit des Orchesters. (Das Fehlen dieser Lebendigkeit ist deutlich zu erkennen, wenn man den nachhallfreien Ausschnitt der Simulation anhört.) Schnelle Passagen dürfen keines Wegs verschwimmen bzw. undefinierbar "verwaschen" und Echos, die irritieren oder die Lokalisation beeinflussen sind tunlichst zu vermeiden.

In seinem Buch *Concert and Opera Halls — How They Sound*¹⁰ machte es sich der Akustiker **Leo Leroy Beranek** (*1914 - †2016) zur Aufgabe einerseits das Zusammenspiel physikalischer Merkmale eines Raumes mit der subjektiven, menschlichen Wahrnehmung in Verbindung zu bringen, also akustische Präferenzen von Dirigentinnen und Dirigenten sowie Musikerinnen und Musikern mit messtechnisch erfassten Raumeigenschaften zusammenzuführen und folglich eine *Sprache* zu entwickeln sodass eben jene Eigenschaften und Anforderungen an einen Aufführungssaal im Diskurs zwischen beispielsweise Architekt, Komponist, Musiker sowie Zuhörer einen Konsens finden könnten. Prinzipiell herrscht heutzutage eine Vorliebe für eine mittlere Nachhallzeit von 1,7 bis 2,1 Sekunden für klassische und romantische Musik. Der raumakustische Zugang von Musikern ist so individuell wie ihre Instrumente, da die akustische Umgebung direkten Einfluss auf die anzuwendende Spieltechnik und Dynamik nimmt. Beispielsweise benötigt die Violine eine gute Balance zwischen Direktheit und Nachhall. Die Pianistin bzw. der Pianist fühlt sich in einem weniger halligen, intimeren Raum am wohlsten.

Uraufgeführt wurde die Neunte Sinfonie am 7.Mai 1824 im **Kärntnertortheater** und etwa zwei Wochen später am 23.Mai im **großen Redoutensaal** der Wiener Hofburg wiederholt. Unglücklicherweise sind beide Säle heute nicht mehr in dem Zustand erhalten in dem die Neunte aufgeführt wurde. Genauer bedeutet dies, dass einerseits das Kärntnertheater 1873/1874 komplett abgerissen wurde und zweitens der große Redoutensaal nach diversen Renovierungen auch nicht mehr exakt dem entspricht, was er einst war. Es darf auch nicht außer Acht gelassen werden, dass der erste tatsächlich für sinfonische Orchesterwerke gedacht und gebaute Konzertsaal in Wien erst Jahre nach Beethovens Tod erbaut wird. Der allererste für den einschlägigen Zweck des Aufführens von Sinfoniekonzerten gedachte und auch als solcher betitelte Saal war der vier Jahre nach Beethovens Tod (1831) von der *Gesellschaft der Musikfreunde* (später: Wiener Musikverein) in den Tuchlauben eröffnete "Konzertsaal". Der erste regulär sinfonische Konzertsaal wird jedoch erst der große Saal des Wiener Musikvereins, einem der wohl berühmtesten, beliebtesten und akustisch am meisten geschätzten Konzertsäle der Welt, nicht allein aufgrund der Tatsache, dass jährlich die ganze Welt von zu Hause aus das in ihm aufgeführte Neujahrskonzerts mitverfolgt. Dieser wird jedoch erst im Jahr 1870 eröffnet.

4.1 Aufführungspraxis

Bei Oratorien war es aufgrund eines erheblich stärker besetzten Orchesters üblich, jenes auf der Bühne zu positionieren, wie es auch bei Akademien gemacht wurde, bei denen Sinfonien gespielt wurden. Im Falle einer Sinfonie, welche von Orchester und Chor vorgetragen wurde, stand der Chor dann vor dem Orchester oder im Orchestergraben. Dies wurde auch bei beiden Aufführungen der Neunten so gehandhabt.

Im Gegensatz zu modernen Konzertsälen, war der Abstand zwischen Orchester und Publikum in den Sälen Wiens zur Zeit Beethovens um einiges geringer, was mitunter eine deutliche Rolle in Hinblick auf das unmittelbare Klangerebnis spielt. Die dynamische Bandbreite, welche vom Hörer wahrgenommen wird ist nicht allein ein Resultat des absoluten Schallpegels, auch die spektralen Eigenschaften des Klangs tragen ihren Teil dazu bei. Zum Beispiel erhöht sich im *forte* sowohl die relative Intensität hoher Obertöne im Vergleich zur Grundschwingung als auch die spektrale Bandbreite eines Einzeltons. Die subjektive Dynamik nimmt aufgrund dieses "Klangfarbenfaktors" zusätzlich um bis zu 6dB zu.²³ Das akustische Binde- oder Übertragungsglied zwischen Spieler und Zuhörer - besser zwischen der intendierten und der empfundenen Dynamik - ist wiederum der Raum, der eine spektrale Klangveränderung bewirkt, nämlich in Form von einer mehr oder weniger starken Abschwächung hoher, eben jener für das Dynamikempfinden besonders wichtiger, Frequenzanteile. Zunehmender Abstand zwischen Spieler und Zuhörer steigert also den Verlust hochfrequenter Anteile in Obertonstruktur und im Geräuschspektrum.

4.2 Bauformen

Die Bauform der drei zum Beispiele genommen Säle - Kärntnertortheater, großer Redoutensaal und großer Musikvereinssaal - werden aufgrund ihrer "rechteckigen" Bauform auch "Schuhsschachtel" genannt, eine der beiden üblichen Raumformen für Konzertsäle, welche bis ca. 1950 die *einige* Form für Aufführungs- und Konzertsäle war. Im einen Drittel des Quaders befindet sich die Bühne und der Rest des Raumes wird vom Publikum besetzt. Die Zweite wäre das "Weingarten-Prinzip", diese Bauform wird jedoch erst 1963 mit der Berliner Philharmonie als ein neues und *besonderes Konzept* gefunden. Weinberg- oder Arena-Hallen werden jene Säle genannt weil sich Publikumsplätze sowohl seitlich und oft sogar hinter dem Orchester mit Blick auf den Dirigenten befinden. Neben den beiden genannten Bauformen gibt es natürlich viele Mischformen sowie trapez- und fächerförmige Hallen, "Amphitheater" und dergleichen, welche gerne aus architektonischen Überlegungen entstehen. Zur Veranschaulichung der Bauform *Weinberg* sind in Abbildung 4.1 Grundriss und Seitenansicht und in Abbildung 4.2 der Saalplan der Berliner Philharmonie dargestellt.

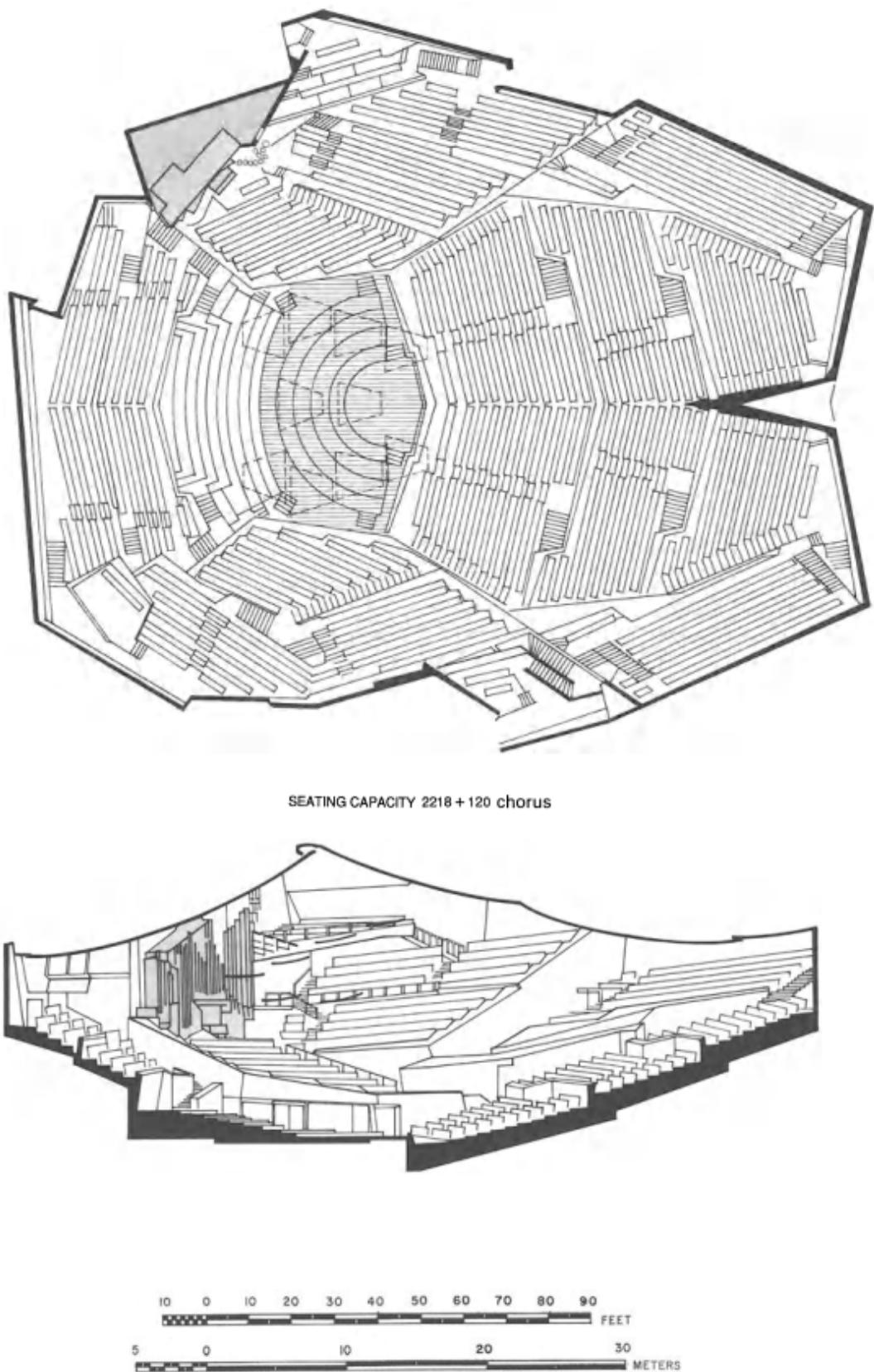


Abbildung 4.1: Plan der Berliner Philharmonie⁹

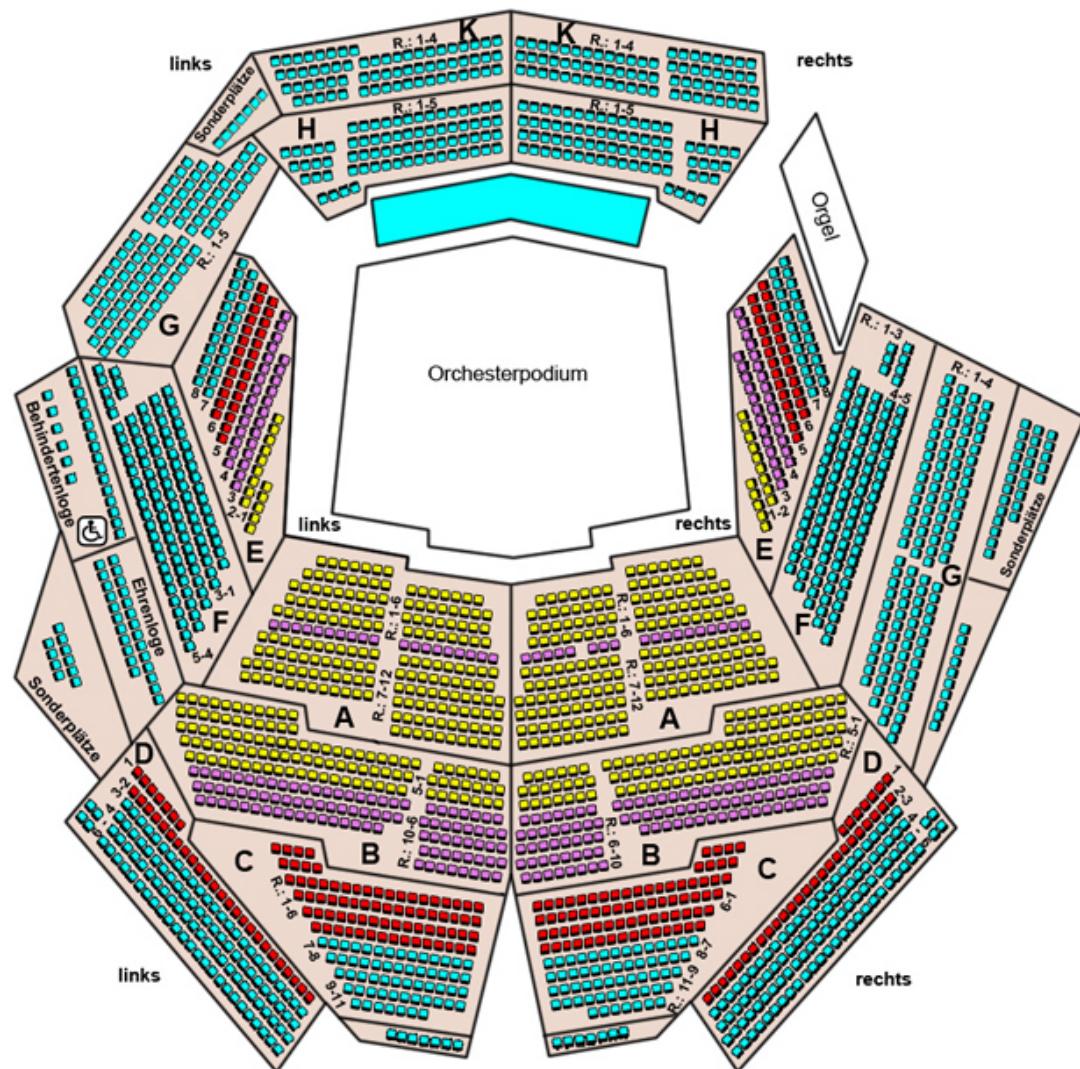


Abbildung 4.2: Saalplan der Berliner Philharmonie:

4.3 Kärntnertortheater

“Gestern Vormittag haben sich die Leute an der Caſa beynahe gerauft, um heran zu kommen. So groß war das Gedränge.” (Eintrag von Beethovens Neffen)⁷



Abbildung 4.3: Kärntnertortheater ©Österreichische Nationalbibliothek

Die letzte Vorstellung im Kärntnertortheater war Verdis “Ernani” 1870 und an seiner Stelle steht heute das Hotel Sacher. Der Saal selbst ist, für ein Theater üblich und im Gegensatz zu einem Konzertsaal im modernen Sinne, relativ klein und kann vom Aufbau, den Materialien und den Oberflächen sowie deren Absorptionskoeffizienten als dem *Burgtheater* äußerst ähnlich angesehen werden, einem Saal der Zeit, der heute noch erhalten ist. In der nachstehenden Tabelle (Tabelle 4.1) sind die Abmessungen des Kärntnertortheaters aufgeführt:

Länge (Vorhang - Rückwand)	22m
max. Breite (Begrenzungsmauern)	19,5m
max. Breite (Logenrückwände 1.Rang)	17,5m
max. Breite (Logenbrüstung 1.Rang)	14m
Höhe	ca. 15m

Tabelle 4.1: Abmessungen des Kärntnertortheaters

Somit beträgt sein Gesamtvolumen ca. $5200m^3$ und bei offenem Bühnenhaus, wie es nun bei der Uraufführung der Neunten Sinfonie der Fall war, etwa $6900m^3$. Weiters hielt es Platz für 2400 Zuschauerinnen und Zuschauer. Zur Zeit der Wiener Klassik war es üblich bei Oratoriumsaufführungen das Orchester vor geschlossenem Bühnenraum zu positionieren. Aufgrund der Tatsache, dass zur Uraufführung der Neunten Sinfonie auch ein Chor vor dem Orchester Platz finden musste, wurde der Bühnenraum geöffnet, dort die Orchestermusikerinnen und Musiker positioniert und der Sängerinnen und Sänger des Chors fanden im Orchestergraben Platz. In Hinblick auf die

Simulation wurde die Decke des Bühnenraums als völlig absorbierend ($\alpha = 1$) definiert, da der oberste Teil des Bühnenhauses vom Direktschall des hauptsächlich in den Zuschauerraum abstrahlenden Orchesters und den Reflexionen der Rückwand des Zuschauerraums zum einen kaum erreicht wird und zudem waren die in diesem Bereich abgehängten Kulissenwände stark absorbierend.

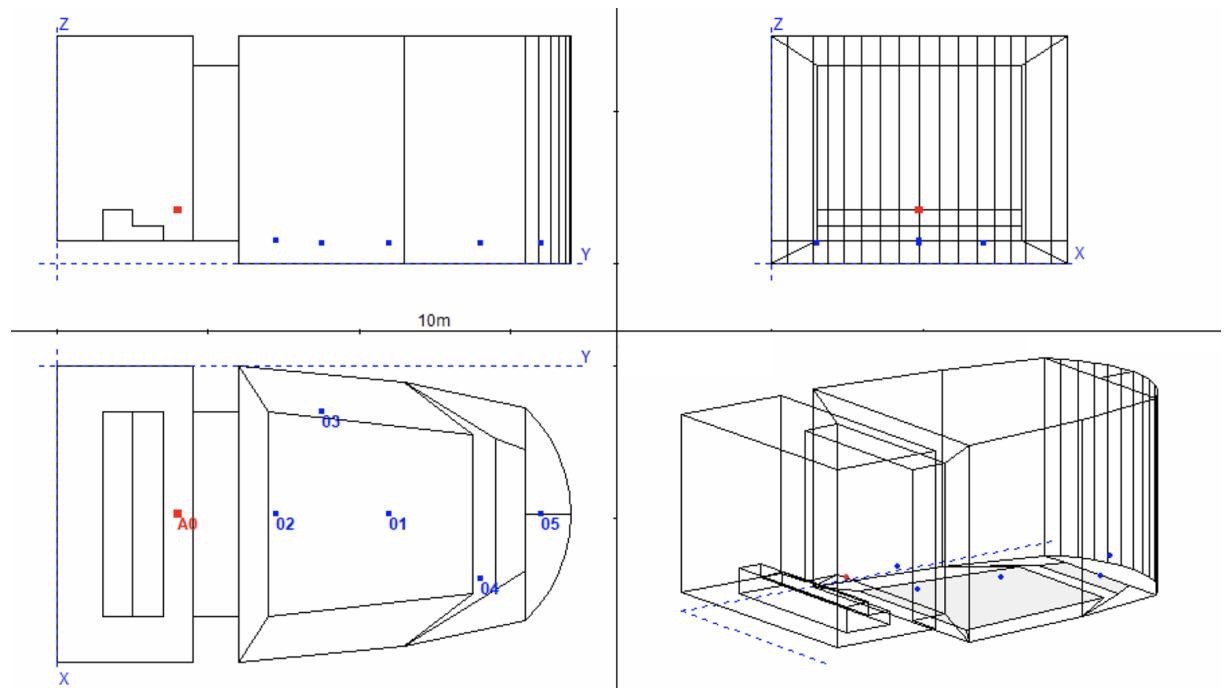


Abbildung 4.4: Kärntnertortheater

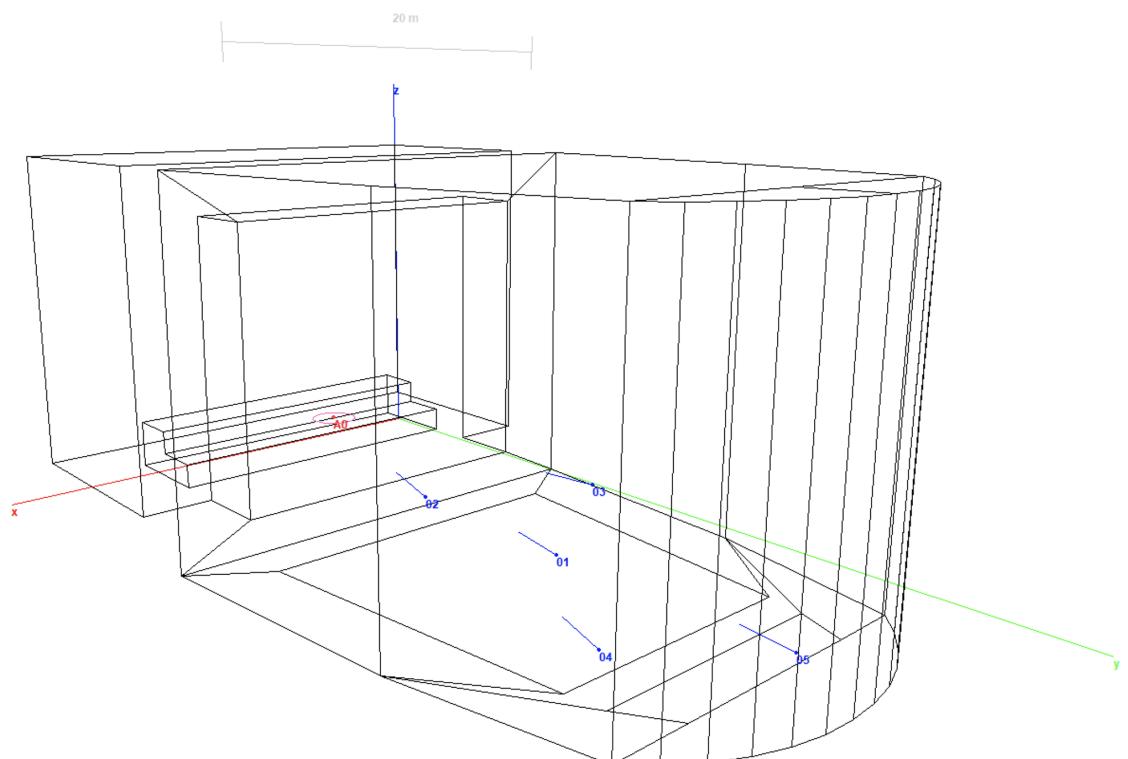


Abbildung 4.5: Kärntnertortheater

4.4 Großer Redoutensaal



Abbildung 4.6: Maskenball im Redoutensaal, Kupferstich von Carl Schütz (1815) ©IMAGNO/Wien Museum

Der große Redoutensaal der Wiener Hofburg war etwa 39m lang, 17m breit und 15m hoch, ringsum mit einer in 3m hohen Galerie umgeben welche ca. 2m breit war und sein Gesamtvolumen beträgt $9900m^3$. Somit ist er jedoch immer noch fast halb so klein wie der Wiener Musikvereinssaal mit seinen etwa $15000m^3$, dem *allerersten Wiener Konzertsaal* zur Aufführung von sinfonischen Orchesterwerken, der zudem weltweit zu den besten und beliebtesten Konzertsälen zählt. Die Zuschauerkapazität variiert mit Quellenlage. Er soll Platz für bis zu 3000 Zuschauerinnen und Zuschauer geboten haben. Diversen weiteren Aufzeichnungen zufolge sollten sogar bis zu 5000 Damen und Herren Platz gefunden haben. Dies erscheint nicht nur utopisch, es ist auch rein rechnerisch nicht möglich, nicht einmal bei stehendem Publikum. Im Saal selbst werden wohl gut 3000 Personen anwesend gewesen sein, es besteht aber auch die Möglichkeit, dass die Durchgänge zum angrenzenden kleinen Redoutensaal und der Winterreitschule geöffnet waren. Dies war zu besonderen Anlässen durchaus Usus, was die Besucherzahl von 5000 Personen dann doch ermöglicht. Bei der Simulation wurde jedoch lediglich der Raum und der allein in ihm für Publikum zur Verfügung stehenden Platz berücksichtigt. Außerdem saßen im Gegensatz zu den 2400 Personen, welche zwei Wochen zuvor das Theater *gestürmt* hatten und die Uraufführung im ausverkauften Kärntnerthortheater erleben durften, nur 800 Damen und Herren im Parkett des großen Redoutensaals wessen Galerie angeblich sogar gänzlich unbesetzt gewesen sein sollte. Für eine derartig kleine Besucherzahl, und das nach einer bis auf den letzten Platz ausverkauften Uraufführung nur zwei Wochen zuvor, können zwei Gründe verantwortlich gemacht werden. Erstens waren viele Menschen um diese Zeit bereits auf dem Land und zweitens soll der hohe Preis der Galerie Zuseherinnen und Zuseher abgeschreckt haben, was auch ihr Leerbleiben erklärt. Wie Publikum und Orchester im Redoutensaal zur Aufführung der Neuntem Sinfonie tatsächlich positioniert waren ist nicht direkt überliefert, jedoch kann aufgrund von Bildern und Aufzeichnungen anderer Aufführungen in diesem Saal mit großer Zuversicht davon ausgegangen werden,

dass das Orchester am Längsende gegenüber der Stiege positioniert war und das Publikum sowohl im Raum als auch auf der Galerie gesessen hat. Zudem war es zur Zeit Beethovens bei Oratoriumsaufführungen üblich und auch hier der Fall, den Chor vor dem Orchester aufzustellen. Diese Aufstellung war in Wien bis zum Ende des 19.Jahrhundert der Regelfall.

Obwohl aufgrund der nach 1800 nur noch eingeschränkten Möglichkeit die Theater Wiens für Konzerte zu nutzen, die Festsäle und vor allem der große Redoutensaal erheblich an Bedeutung als sinfonische Konzertstätte gewann, galt er jedoch in akustischer Hinsicht keineswegs als günstig. Solisten, speziell am Hammerklavier dieser Zeit, hatten offensichtlich Schwierigkeiten sich in der Akustik des Redoutensaals durchzusetzen. So lehnte Beethovens Schüler Karl Czerny es ab bei der Wiederholung der Neunten, „*in dem gefährlichsten Lokale das für den Claviristen existirt! [...] für dieß Instrument der undankbarste Ort*“ das 5.Klavierskonzert „*eine der größten, durchdachtesten Compositionen von Ihnen*“ zu spielen. Auch die Leipziger *Allgemeine Musikalische Zeitung* beschrieb den großen Redoutensaal damals als ungeheuer und bemängelte die schlechte Sprachverständlichkeit des Gesangs sowie den Mangel an „Vernehmlichkeit“ der Instrumentalstimmen im *piano*. Beethoven selbst bezeichnete den großen Redoutensaal als schwierig.

Noch bis 1973 wurde der große Redoutensaal als Opernbühne genutzt, nach dem Krieg zeitweise als Ausweichsquartier für die zerstörte Staatsoper. 1973 wurden beide Redoutensäle zu einem Kongresszentrum umgebaut und genutzt bis zu einem verheerenden Brand im Jahr 1992, welcher die komplette Inneneinrichtung des großen Saals zerstörte und nach welchem beide Redoutensäle der Wiener Hofburg im Jahr 1997 eine denkmalpflegerische Restaurierung erfuhren. Seither wird der große Saal als Kongresszentrum genutzt.

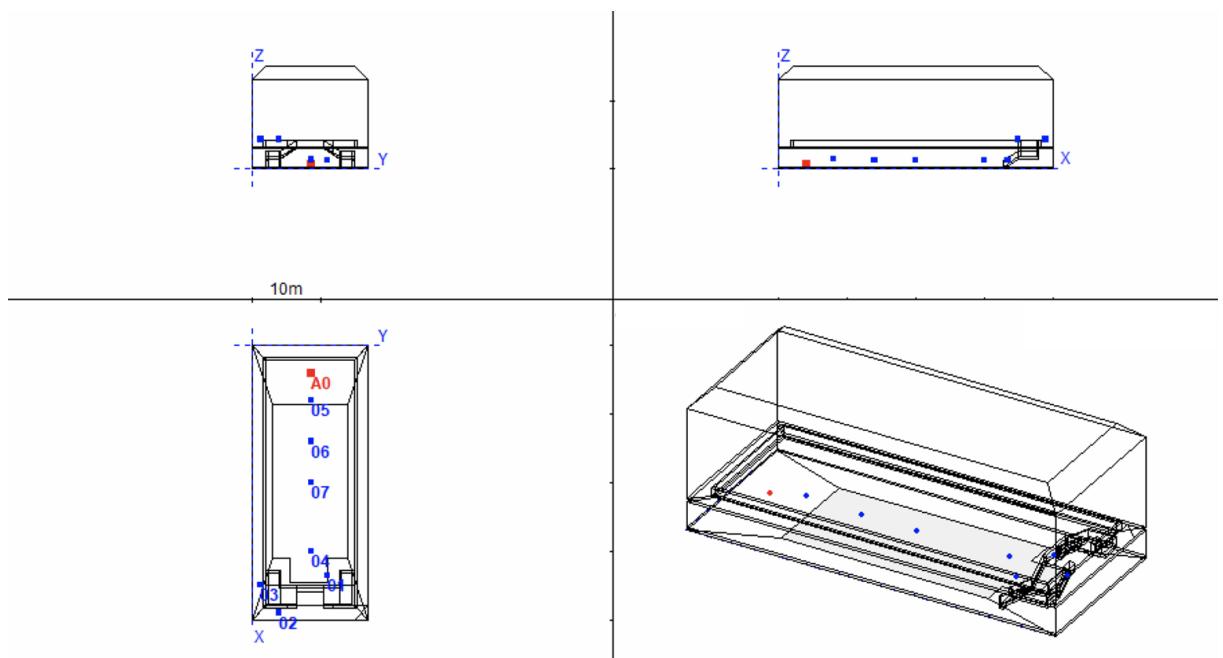


Abbildung 4.7: Großer Redoutensaal

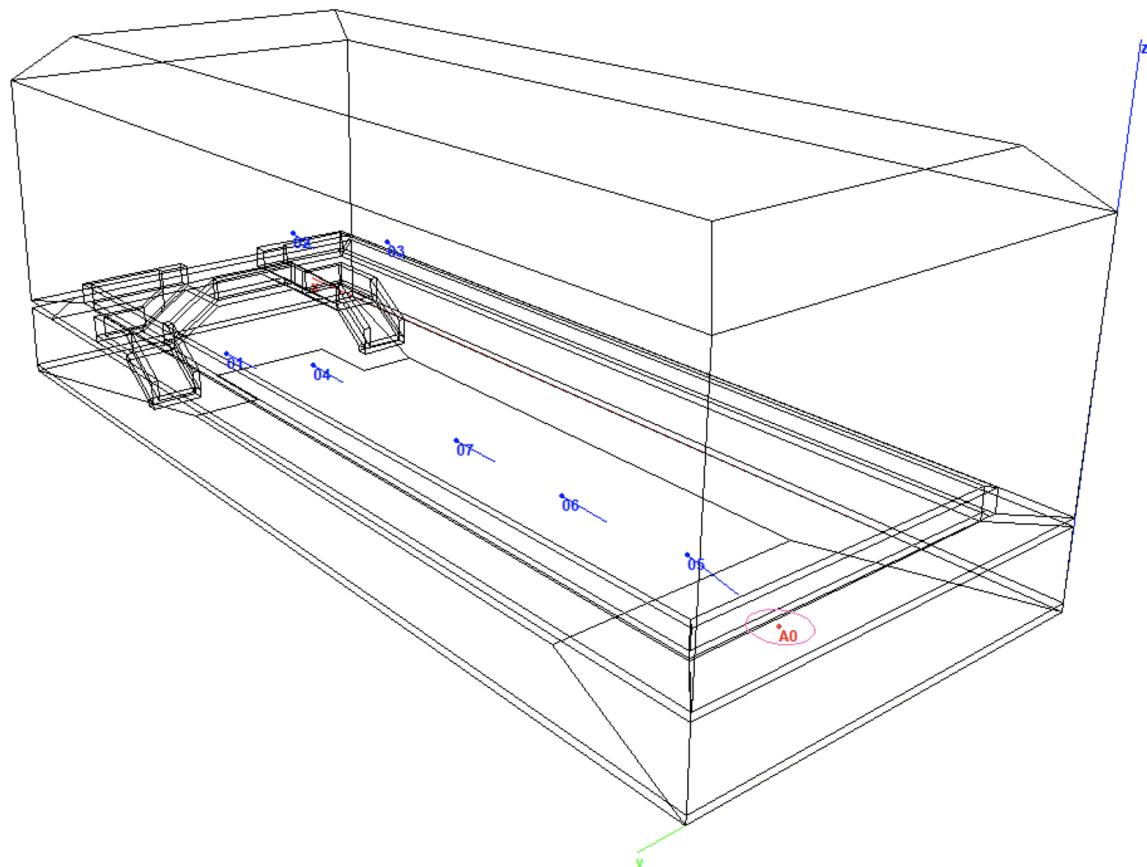


Abbildung 4.8: Großer Redoutensaal

5

Simulation

Beim Überlegen wie die Simulation abzulaufen hat und was dazu notwendig ist sollte bereits klar sein, dass zur Simulation einer Aufnahme zur Erfassung ihres Zusammenspiels mit den akustischen Raumeigenschaften eines virtuell modellierten Saals eine nachhallfreie Aufnahme benötigt wird. Da Orchesterkonzerte sowie Orchesteraufnahmen meist in Konzertsälen und Räumen mit gewissen zur Aufführung üblichen Eigenschaften stattfinden war es zu Anfang natürlich notwendig eine Orchesteraufzeichnung zu finden, welche in schalltotem Raum aufgezeichnet wurde. Selbst eine derartige Aufnahme anzufertigen wurde bedauerlicherweise unterlassen zumal eine solche Produktion zusätzlich den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte jedoch Anreiz und Motivation für eine andere Arbeit in diese Richtung einbrachte.

In Anlehnung an die Recherche und *Vorarbeit* - wenn man so will - welche Prof. Dr. Stefan Weinzierl in seinem Buch *Beethovens Konzerträume - Raumakustik und symphonische Aufführungspraxis an der Schwelle zum modernen Konzertwesen*²³ äußerst detailliert und ausführlich zusammengefasst hat, wurden das heute nicht mehr existente **Kärntnertortheater** (Abschnitt 4.3) und den **großen Redoutensaal** (Abschnitt 4.4) - in einem dieser Arbeit entsprechenden Ausmaß - in *CATT-Acoustic* skizziert um in weiterer Folge grundsätzlich hörbar zu machen, wie Beethoven seine Neunte Sinfonie gehört oder eben nicht gehört hat.

5.1 Die verwendete Software

Die komplette Simulation und Auralisation ging im Programm *CATT-Acoustic v9.1e* statt. Um dies zu präzisieren, wurden grundlegende Rechnungen wie Nachhall und das Anpassen diverser Koeffizienten in *CATT* selbst und alles, was dann mit Cone-Tracing und der Auralisation zu tun hatte im *CATT*-Unterprogramm *The Universal Cone Tracers v2.0* (TUCT2) durchgeführt.

Die raumakustische Vorhersage ist allgemein der Prozess, bei dem unter Verwendung der geometrischen Akustik Oktavband-Echogramme basierend auf einem 3D-CAD-Modell eines Raumes prognostiziert werden. Den Oberflächen eines Raumes werden frequenzabhängige Materialeigenschaften (Absorptions-, Streu- und Transmissionskoeffizienten) zugewiesen und den Schallquellen werden frequenzabhängige Quellenrichtwirkungen zugeordnet. Aus diesen Informationen werden Echogramme und eine Vielzahl von numerischen Maßen von beispielsweise Deutlichkeitsmaß oder Nachhallzeiten (siehe Grundlagen der Raumakustik) können abgeschätzt werden.

Auralisierung ist der Prozess, bei dem vorhergesagte Oktavband-Echogramme in binaurale Impulsantworten umgewandelt werden, die mit reflexionsloser bzw. reflexionsarm, nachhallfrei aufgenommener Musik oder Sprache gefaltet werden können, um *hörbar* zu machen, wie Musik oder Sprache in einem simulierten bzw. gezeichneten Raum klingen würde (ab *CATT-Acoustic* v9 wird die zur Auralisation verwendete Impulsantwort jedoch im laufenden Betrieb erzeugt, ohne über Energieechogramme zu gehen)⁶. Der Prozess umfasst digitale Signalverarbeitung und *Head-Related Transfer Functions* (HRTFs). Zusätzlich zu binauralen Antworten sind Richtmikrofon-, Stereo- und B-Format-Antworten für Stereo-, Surround- oder Ambisonic-Wiedergaben möglich. Ab *CATT-Acoustic* v9 erfordert die direkte Auralisierung nur noch einen Knopfdruck⁵.

Hier darf auch erwähnt werden, dass *CATT-Acoustic* es mit dem *CATT-WalkerTM* mittlerweile auch möglich macht sich während der Auralisation eines Klangbeispiels durch den digitalen Raum zu bewegen.

The Universal Cone-Tracer bietet drei verschiedene Cone-Tracing-Algorithmen für Quelle-Empfänger-Echogramme und Impulsantworten sowie einen Algorithmus für das *Audience Area Mapping*. Algorithmus 1 (*1: Short calculation, basic auralization*) ist am schnellsten, enthält aber einige stochastische Prozesse zur Modellierung der Streuung, während die Algorithmen 2 (*2: Longer calculation, detailed auralization*) und 3 (*3: Even longer calculation, detailed auralization*) deterministisch sind, jedoch viel längere Rechenzeiten in Anspruch nehmen als Algorithmus 1. Es bietet zudem viele raumakustische Maßnahmen und Analysefunktionen für Echogramme, Impulsantworten und Farbkarten, Wiedergabe von Impulsantworten sowie direkte Faltung und Wiedergabe von Auralisationen. Es stehen separate noch weitere Vorhersagewerkzeuge zur Verfügung.

TUCT selbst hat aber keine Möglichkeiten zur Geometriemodellierung oder Bibliotheksverwaltung (Quellenrichtwirkung, Oberflächeneigenschaften, HRTFs, Kopfhörer) und nur beschränkte Möglichkeiten, akustische Details des Modells zu überprüfen und zu ändern, es ist hauptsächlich eine „Akustik-Engine“. Die Modellierung und das Bibliothekshandling wird in CATT-Acoustic erledigt. CATT-Acoustic selbst besitzt nur eine einzige Vorhersageoption. TUCT übernimmt die detailliertere Analyse und Auralisation.

Die Eingabe von Geometrie und akustischen Daten in TUCT erfolgt über eine CAG-Datei (*CATT-Acoustic Geometry*), wie sie von CATT-Acoustic erstellt wurde, der gleiche Dateityp, den CATT-WalkerTM verwendet. Grundsätzlich könnte eine CAG-Datei also auch von einer anderen Software erstellt werden da CATT-Acoustic für den internen Gebrauch selbst ein CAD-Programm-Plugin verwendet. TUCT verlässt sich jedoch auf Source Directivities, HRTFs und Kopfhörer, die von CATT-Acoustic verwaltet werden.

5.2 Grundsätzlicher Ansatz einer Simulation und ihre Schwierigkeiten

Ein digitales Modell eines Konzertsaales oder einer Kirche anzufertigen ist in der heutigen Zeit durchaus keine Unmöglichkeit mehr. Die Inszenierung oder besser Rekonstruktion einer historischen Aufführung in einem derartigen „imaginären“ Raum ist ein wenig komplizierter und ebenso mit einer Menge an musikhistorischer Empirie verbunden, zumal - umso weiter man in der Zeit zurückgehen möchte - nicht jede benötigte Information wie Besetzung, Besetzungsstärke, Positionen im Aufführungsraum sowie Bauart und Typus diverser Instrumente etc. festgehalten bzw. überliefert ist. Im Fall Beethovens Sinfonien ist es redlich einfacher zumal Besetzungen aus Honorarnoten einigermaßen nachvollziehbar sind, das Instrumentarium sich bis heute im Wesentlichen nicht verändert hat und ein paar seiner bespielten Säle heute noch existieren. Jedoch darf bei jeglicher Art der Simulation und Auralisation nie missachtet werden, dass jeder Algorithmus - auch heute noch - irgendwo seine Grenzen besitzt, welche eine eindeutige und gänzlich akkurate Rekonstruktion unmöglich machen. Was natürlich in keinster Weise zu bedeuten hat, dass es sinnfrei wäre derartige Simulationen durchzuführen. Ganz im Gegenteil, die aus Simulation und Auralisation, genauso wie aus geschichtlicher Recherche gewonnene Information und Empirie trägt wesentlich zur Beantwortung der Frage nach Sinnhaftigkeit von *historisch korrekter Aufführungen* und ferner zu jener der Frage des Einflusses eines Raumes auf ein Werk bei.

Der Einsatz von Computermodellen gewann mit dem immer stärker Werden moderner Rechner im letzten Jahrzehnt immer mehr an Bedeutung und heute wohl kaum mehr wegzudenken. Digitale Modelle ermöglichen es jedoch nicht exakte physikalische Lösungen zu ermitteln da sie auf Näherung beruhen. Genauer basieren sie auf den Näherungen der *geometrischen Raumakustik*, welche den Gesetzen und Analogien der Optik fußen. Hierbei wird anstelle von Licht ein geradliniger Schallstrahl und dessen Reflexionen an Oberflächen im Raum verfolgt. Hierbei werden zwar Beugungs- und Streuungseffekte zunächst vernachlässigt, was bedeutet, dass diese Näherung nur solange gültig ist, solange die Wellenlänge des Schalls klein gegenüber den Abmessungen der reflektierenden Flächen und groß im Gegensatz zur Rauhigkeit jener Oberflächen ist. Heute

stehen grundsätzlich zwei Verfahren für die Anwendung geometrischer Näherung zur Berechnung der raumakustischen Parameter eines Computermodells zur Verfügung. Ersteres wäre das Spiegelquellenverfahren (mirror imaging) und zweiteres die Methode der Strahlenverfolgung (ray tracing). Auch wenn beide Methoden im Grundprinzip einfach zu sein scheinen geht mit ihnen in der Praxis ein enormer Rechenaufwand und der aus ihm resultierende Zeitaufwand einher.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Raummodelle erstellt deren Wandflächen, entsprechend ihres Materials, Absorptionsgrade für sechs Oktavbänder ($125Hz$ bis $4000Hz$) zugewiesen wurden, woraus sich direkt Parameter wie Raumvolumen, Oberfläche sowie Nachhallzeiten nach *Sabine* und auch *Eyring* berechnen ließen. Weiters wurden Quellen und Senken; Schallquellen mit beliebiger Richtcharakteristik - in diesem Fall omnidirektional - und Hörer positioniert. Ebenso wurden dem Modell Publikumsflächen je nach Besucherzahl als entsprechende Absorptionsflächen hinzugefügt.

Die Frage nach der Zuverlässigkeit raumakustischer Simulationen und inwieweit die Berechnungen derartige Simulationsprogramme generell der perzeptiven bzw. messtechnischen Realität entsprechen ist nicht direkt Teil dieser Arbeit. Daher wird hier auf eine Studie aus dem Jahr 1994 verwiesen, welche Abweichungen zwischen Simulation und Messwert auf die subjektive Unterschiedsschwelle diverser Parameter bezogen.²² Es stellte sich heraus, dass Parameter wie Nachhallzeit, Stärkemaß zuverlässiger berechnet wurden als Early Deca Time oder Klarheitsmaß. Etwaige Werte sind in Tabelle 5.1 aufgezählt.

RT	Nachhallzeit	5%
C_{80}	Klarheitsmaß	0,5dB
G	Stärkemaß	1dB

Tabelle 5.1: Subjektive Unterschiedsschwellen raumakustischer Parameter²²

5.3 Digitale Modelle

Sowohl das **Kärntnertortheater** als auch der **große Redoutensaal** wurden in CATT-Acoustic gezeichnet, simuliert und unter Zuhilfenahme des *The Universal Cone Tracers v2.0* (TUCT2) von CATT wurde der hallfreie Ausschnitt der *Anechoic Orchestral Music Recording* (Abbildung 3.3) der ersten sieben Takte des vierten Satzes der Neunten Sinfonie (Abbildung 3.1) von Ludwig van Beethoven (Abschnitt 3.1) an diversen Hörerpositionen hörbar gemacht. Von den drei zur Verfügung stehenden Algorithmen wurde der zweite verwendet, da nach wiederholtem Male die Ergebnisse des ersten und schnellsten Rechenvorgangs deutlich unreal und unfertig, fast *hohl* klangen. Der zweite Algorithmus benötigte beispielsweise bis zu 8 Stunden, jedoch waren die Ergebnisse deutlich realistischer und sind im Endeffekt äußerst aussagekräftig. Für die akustische Umgebung jeder Simulation wurden vordefinierte Werte beibehalten da sie erstens schlüssig erschienen und zweitens logischerweise keine Werte aus der Zeit überliefert sind. Hinzu kommt, dass die Modelle selbst ohnehin lediglich leicht abgespeckte Annäherungen und nicht tatsächlich detailgetreue Nachbildungen sind, was die Recherche in Richtung Luftfeuchtigkeit und Temperatur eher unnötig machen und die Arbeit über das eigentliche Ziel hinaus schießen lassen würde. Es wurde schließlich mit $20^{\circ}C$ Temperatur und 50% Luftfeuchtigkeit gerechnet, was durchaus im Rahmen der tatsächlichen Beschaffenheiten liegen sollte.

5.4 Auralisation

Nachdem die beiden Räume in CATT-Acoustic modelliert und deren Oberflächen mit den entsprechenden Werten frequenzabhängiger Absorptionsgrade ausgestattet und *fine-tuned* wurden, fand das *Audience-Area-Mapping*, die Positionierung der Publikumsflächen statt. In CATT-Acoustic selbst konnten die ersten Nachhallkurven vorhergesagt werden, jedoch allein rein rechnerisch

nach **Sabine** (Gleichung A.1) und **Eyring** (Gleichung A.2). Die Simulation sowie die digitale Nachhallmessung der T_{30} “im Raum” fand im TU CT2 statt.

Das Zusammenspiel diverser Flächen von denen die Materialwerte bekannt waren und der von Dr. Weinzierl bestimmte mittlere Absorptionskoeffizient ergab in etwa die nötige Nachhallkurven der beiden Räume und durch kleine Adjustierungen hier und da kamen beide Modelle schließlich zu gewünschte Werte. In Abbildungen Abbildung 4.4, Abbildung 4.5, Abbildung 4.7 und Abbildung 4.8 sind die Orchesterposition (rot) als **A0** und diverse arbiträr gewählte Hörerpositionen (blau) **01, ... 07** zu erkennen, wobei **02** im **Kärntnertortheater** (Abbildung 4.4, Abbildung 4.5) und **05** im **großen Redoutensaal** (Abbildung 4.7 und Abbildung 4.8) die Position des Dirigenten also von Ludwig van Beethoven selbst darstellt.

6

Ergebnisse

Bereits bei erstmaligem Anhören der in der Simulation der digitalen Säle "räumlich" gemachten Aufnahme ist der eindeutige Unterschied der beiden Aufführungssäle zu erkennen. Ungeachtet ob nun beide Säle als voll, leer oder den historischen Aufführungen entsprechend mit Publikum besetzt war, kommt das Kärntnertortheater, also der um einiges kleinere kleinere Raum um einiges wuchtiger und direkter und folglich deutlicher und weniger im Hall des Raumes verschwommen an den diversen Hörpositionen an als im wesentlich größeren Redoutensaal. Selbst beim Vergleich der Hörposition des Dirigenten, einer Position welche großteils vom Direktschall und den ersten Reflexionen profitieren sollte ist eindeutig zu erkennen, wann die Musik - besser das direkte Schallereignis - im Raum verschwimmt bzw. sich in ihm verliert. Speziell im großen Redoutensaal ist dies deutlich in der Mitte des zweiten, spätestens im dritten Takt zu hören. Diese Auralisationen besitzen jedoch kein Anrecht auf Vollkommenheit und sollen der grundsätzlichen Veranschaulichung historischer Verhältnisse und deren Zusammenspiel bzw. Wechselwirkung mit dem Werk dienen. So ist der Vergleich mit Aufnahmen moderner Inszenierungen, wie beispielsweise die *Resound Beethoven* Konzerte, welche versuchen der historisch korrekten Aufführungspraxis und Akustik zu folgen, ebenso mit Bedacht anzustellen, zumal eine Auralisation einerseits lediglich ein digitales Rechenergebnis darstellt und eine moderne Aufzeichnung andererseits durchaus auch einen gewissen Aufnahme- und Produktionsprozess hinter sich hat.

Heute wie damals ist die Bewertung eines Klangerlebnisses, sei es nun real oder in digitaler Simulation erzeugt, etwas subjektives, auch wenn eine Simulation nie an die Realität und eben die Gesamtheit an Eindrücken und Sinnesreizen herankommen kann.

An dieser Stelle seien noch die Kritiken der Zeit erwähnt, welche sich größeren Teils positiver über die Uraufführung im kleineren Kärntnertortheater aussprechen. Zudem fielen die Rezensionen bezüglich der Akademie im großen Redoutensaal, entgegen vieler Erwartungen, eher mäßig bis enttäuschend aus. Dies sei höchstwahrscheinlich der durchaus geringen Besucherzahl geschuldet, was den Saal - dies war auch in der Simulation deutlich hörbar - noch halliger und den Klangeindruck entsprechend weniger ausdrucksstark machte.

6.1 Vergleich der beiden Säle

In der unten stehenden Tabelle (Tabelle 6.1) sind die Nachhallzeiten der Mittenfrequenzen des Kärntnertortheaters und des großen Redoutensaals im unbesetzten und besetzten Zustand aufzufinden. Es überrascht wenig, wie unterschiedlich die Werte doch sind.

	Kärntnertortheater	großer Redoutensaal
leer	1,5s	4,1s
zur Hälfte besetzt		2,9s
voll besetzt	1,1s	2,3s

Tabelle 6.1: Gegenüberstellung der Nachhallzeiten der Säle - Kärntnertortheater und großer Redoutensaal

In Abbildung 6.1 sind die wichtigsten raumakustischen Parameter des Kärntnertortheaters und des großen Redoutensaals bei den Aufführungen der Neunten Sinfonie im Jahr 1824 dargestellt. Bereits auf dem ersten Blick sollte der doch gravierende Unterschied der Raumakustik beider Lokale auffallen. Diese in Simulation berechneten Werte dienen ebenso als analytischer Beweis dessen, was bei kritischem Hören der Audiodateien der Auralisationen erkennbar ist.

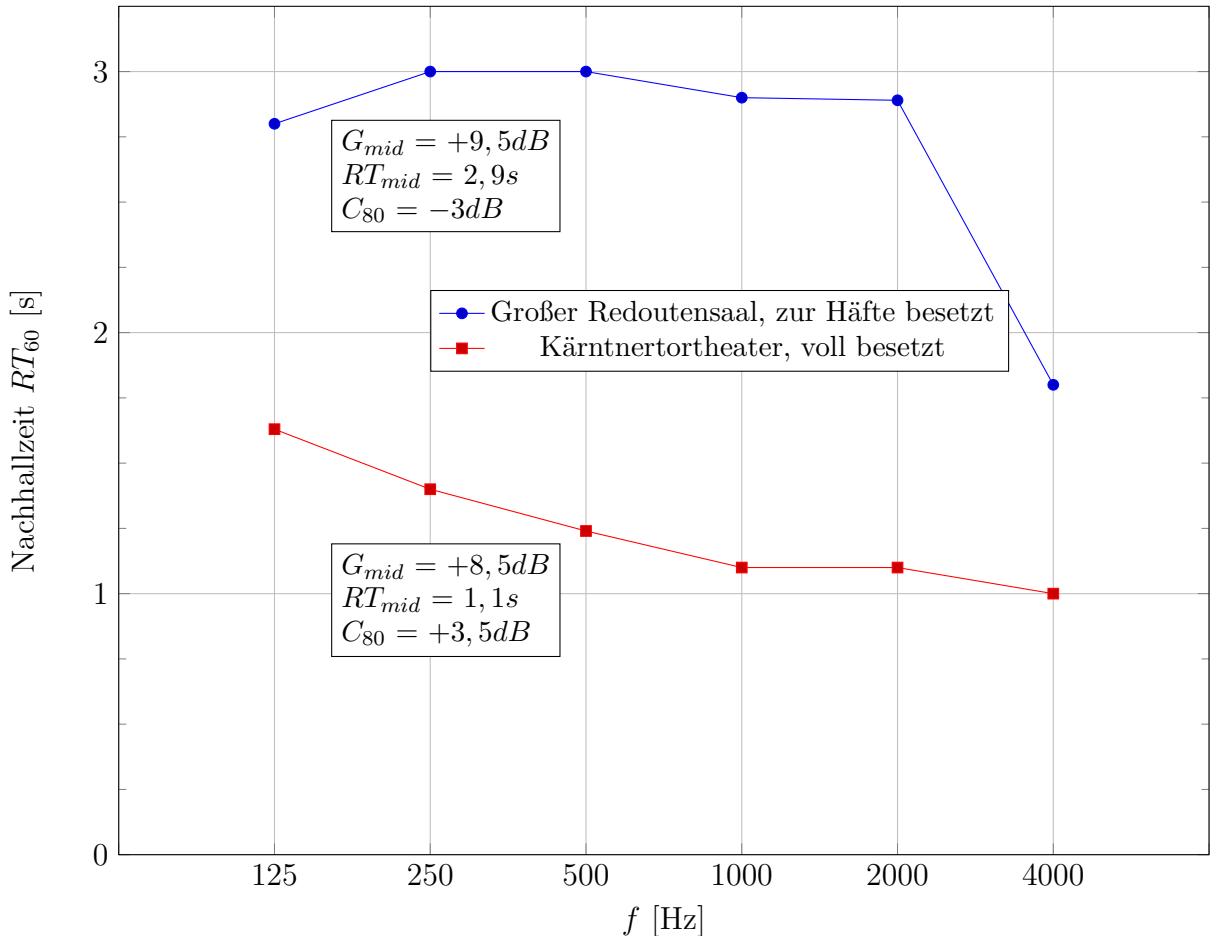


Abbildung 6.1: Raumakustische Parameter der beiden Säle bei Aufführung der 9.Sinfonie

6.2 Vergleich mit *historisch korrekter* Aufzeichnung

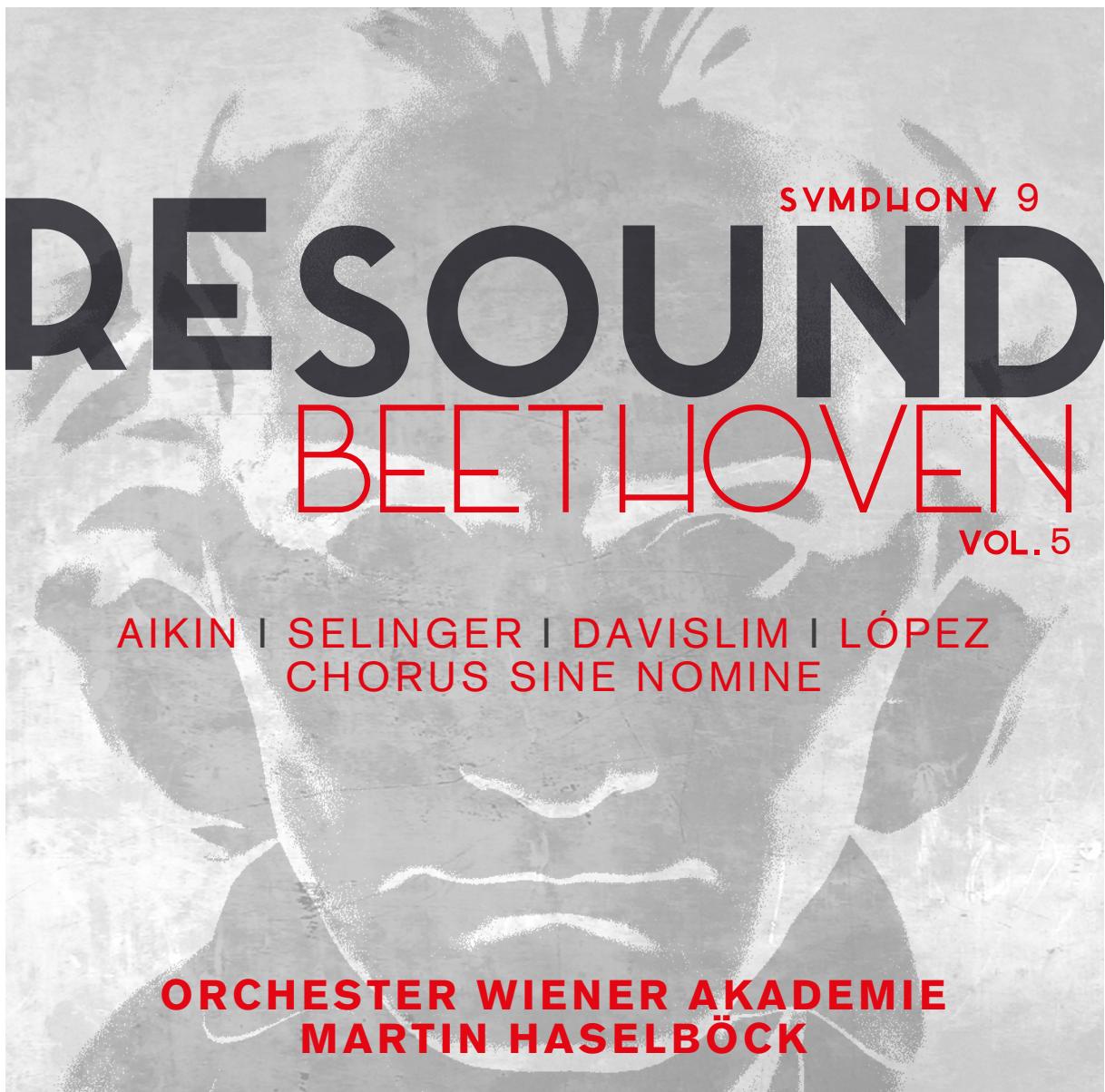


Abbildung 6.2: Album Cover *Resound Beethoven*¹⁹

Den wahrscheinlich akkuratesten Vergleich zwischen Simulation und Realität liefert jener der hier erarbeiteten Auralisation des Konzerts im großen Redoutensaal mit jener Aufnahme des **Resound Beethoven**¹⁹ Konzerts im selben Saal aus dem Jahr 2015. Auch wenn das digitale Modell keineswegs Anrecht auf Vollständigkeit einfordern kann und auch die Zahlen der Besucherinnen und Besucher sich gravierend unterscheiden, ungeachtet der Tatsache, dass der Saal selbst nicht einmal mehr der ist, der er einst war, ist es, nach all den vernachlässigten Variablen, durchaus zulässig einen Vergleich der beiden Aufnahmen anzustellen, um eben den Versuch anstellen zu können die Grundsatzfrage der Sinnhaftigkeit einer historisch korrekten Darbietung zu klären. Eben jene Frage beantworten bereits die Kritiken und Rezensionen der *Resound Beethoven* Konzerte, und zwar aller neun Sinfonien, welche ausschließlich positiv ausfallen. So schreibt beispielsweise *der Kurier* am fünften Oktober 2014: "So hat man Beethoven noch nicht gehört."

Auch wenn der Vergleich des *echten* Kärntnertheaters mit dem digitalen Modell wohl ein

Wunsch bleiben wird, so darf zu Recht davon ausgegangen werden, dass die Uraufführung der Neunten ein um so viel intimeres Erlebnis gewesen sein muss, und folglich durchaus einer angemessenen Rekonstruktion erfordert. Einerseits der historischen Empirie wegen und andererseits um die Reaktionen des Publikums und der Kritikerinnen und Kritiker unserer Zeit zu erfahren.

6.3 Einfluss der Saalgröße und dessen Akustik auf die Wahrnehmung der Musik

Hector Berlioz (*1803, †1869), Komponist der Romantik, beschreibt im nachstehenden *Sur l'état atuel de l'art du chant*, S.116f¹¹ die *musikalische Wirkung* auf einen *ergriffenen Hörer* äußerst "romantisch". Der Auszug des Originals in Französisch aus dem Jahr 1862 wird gefolgt von der deutschen Übersetzung Ernst Lichtenhahns, 1989.

"Placez un petit nombre de personnes, bien organisées et douées de quelque connaissance de la musique, dans un salon de médiocre grandeur, point trop meublé ni tapissé; exécutez dignement devant elles quelque vrai chef-d'œuvre, d'un vrai compositeur, vraiment inspiré, une œuvre bien pure de ces insupportables beautés de convention que prônent les pédagogues et les enthousiastes de parti pris, un simple trio pour piano, violon et basse, le trio en si bémol de Beethoven, par exemple; que va-t-il se passer? Les auditeurs vont se sentir peu à peu remplis d'un trouble inaccoutumé, ils éprouveront une jouissance intense, profonde, qui tantôt les agitera vivement, tantôt les plongera dans un calme délicieux, dans une véritable extase. Au milieu de l'andante, au troisième ou quatrième retour de ce thème sublime et si passionnément religieux, il peut arriver à l'un d'eux de ne pouvoir contenir ses larmes, et s'il les laisse un instant couler, il finira peut-être (j'ai vu le phénomène se produire) par pleurer avec violence, avec fureur, avec explosion. Voilà un effet musical! voilà un auditeur saisi, enivré par l'art des sons, un être élevé à une hauteur incommensurable au-dessus des régions ordinaires de la vie! Il adore la musique, celui-là; il ne sait comment exprimer ce qu'il ressent, son admiration est ineffable, et sa reconnaissance pour le grand poète-compositeur qui vient de le ravir ainsi égale son admiration.

*Maintenant, supposez qu'au milieu de ce même morceau, rendu par les mêmes virtuoses, le salon dans lequel on l'exécute puisse s'agrandir graduellement, et que par suite de cet agrandissement progressif du local, l'auditoire soit peu à peu éloigné des exécutants. Bien; voilà notre salon grand comme un théâtre ordinaire; notre auditeur, qui déjà l'instant d'auparavant sentait l'émotion le gagner, commence à reprendre son calme; il entend toujours, mais il ne vibre presque plus; il admire l'œuvre, mais par raisonnement et non plus par sentiment ni par suite d'un entraînement irrésistible. Le salon s'élargit encore, l'auditeur est éloigné de plus en plus du foyer musical. Il en est aussi loin qu'il le serait, si les trois concertants étaient groupés au milieu de la scène de l'Opéra, et s'il était, lui, assis au balcon des premières loges de face. Il entend toujours, pas un son ne lui échappe, mais il n'est plus atteint par le fluide musical qui ne peut parvenir jusqu'à lui; son trouble s'est dissipé, il redévient froid, il éprouve même une sorte d'anxiété désagréable et d'autant plus pénible qu'il fait plus d'efforts d'attention pour ne pas perdre le fil du discours musical. Mais ses efforts sont vains, l'insensibilité les paralyse, l'ennui le gagne, le grand maître le fatigue, l'obsède, le chef-d'œuvre n'est plus pour lui qu'un petit bruit ridicule, le géant un nain, l'art une déception; il s'impatiente et n'écoute plus."*¹¹

"Plazieren Sie eine kleine Zahl von zusammenpassenden Personen, die etwas musikalische Kenntnis haben, in einem Salon mittlerer Größe ohne viele Möbel und ohne Teppiche. Führen sie vor diesen Leuten ein echtes Kunstwerk eines echten, wahrhaft inspirierten Komponisten auf, [...] ein einfaches Klaviertrio, z. B. das in B-dur von Beethoven. Was geschieht? Die Zuhörer fühlen in sich mehr und mehr eine ungewohnte Verwirrung, sie empfinden eine tiefe intensive Lust, die sie bald heftig bewegt, bald in wunderbare Ruhe, in echte Ekstase versetzt. Mitten im Andante, bei der dritten oder vierten Wiederkehr jenes erhabenen und so leidenschaftlich religiösen Themas

kann es einem der Zuhörer passieren, daß er seine Tränen nicht mehr zurückzuhalten vermag, und wenn er ihnen einen Augenblick freien Lauf läßt, steigert er sich vielleicht – ich habe das selber miterlebt – in heftiges, wütendes, explosives Weinen. Das ist musikalische Wirkung (*un effet musical*)! Das ist ein ergriffener Hörer, ein von den Klängen der Kunst Betrunkener, ein in unermeßliche Höhen über das gewöhnliche Leben Erhabener. [...] Und jetzt stellen Sie sich vor, daß mitten in diesem von denselben Musikern gespielten Satz der Salon allmählich größer wird und die Zuhörer von den Ausführenden wegrücken. Unser Salon ist jetzt wie ein gewöhnliches Theater. Unser Zuhörer, den die Erregung schon zu erfassen begann, wird wieder gelassen. [...] Er hört immer noch, kein Ton entgeht ihm, aber von der musikalischen Strömung wird er nicht mehr erreicht. Sie gelangt nicht mehr bis zu ihm; seine Verwirrung ist verflogen, er wird wieder kalt, er empfindet geradezu eine Art Beklemmung, die umso unangenehmer wird, je mehr er sich anstrengt, den Faden des musikalischen Diskurses nicht zu verlieren. Aber seine Anstrengung ist vergeblich, ihn lähmmt Gefühllosigkeit, es wird ihm langweilig, der große Meister ermüdet ihn, wird ihm lästig, das Meisterwerk ein lächerliches Geräusch, der Riese ein Zwerg, die Kunst eine Enttäuschung. Er wird ungeduldig und hört nicht mehr zu.”¹⁶

6.4 Der Raum der Zeit

Auch wenn man durchaus annehmen könnte, dass “der” Saal in dem Beethovens Sinfonien aufgeführt wurden, immer ein Kompromiss war - sei dies aufgrund der Tatsache, dass die Theater Wiens nur eingeschränkt für die Aufführung von Instrumentalwerken nutzbar waren oder gar der Rückgang der Aristokratie, von dem schieren Mangel eines *regulären* Konzertsangs abgesehen, so ist dies dennoch nicht der Fall. Der Meister kannte die Säle seiner Zeit und seiner Stadt ganz genau und war jederzeit in der Lage durch Anpassung seines Instrumentariums sein Werk seinen Vorstellungen gemäß “über die Bühne” zu bringen. Dies war aufgrund der verschiedenen Raumtypen auch unerlässlich.

Das durchschnittliche Raumvolumen Beethoven’scher “Konzertsäle” lag zwischen 750 und 5000m³. Das ist für heutige Verhältnisse sehr klein. Die zusätzlich geringere Distanz zwischen Ausführenden und Publikum gipfelte in einer stärkeren Betonung klanglicher Intimität, Präsenz, Dynamik und auch Räumlichkeit. Dr. Stefan Weinzierls Simulationen aller Konzertsäle²³ in denen Beethovens Sinfonien uraufgeführt wurden, ergaben zum Beispiel, dass der Gesamtlautstärkepegel damaliger räumliche Verhältnisse um 12dB höher gewesen sein sollten. Hier sei bemerkt, dass bis 1808 weder die Kapellen fürstlicher Privatpalais noch Theaterorchester mit mehr als 35 Musikerinnen besetzt waren. Laut seinen Forschungsergebnissen müsste man ein Orchester mit 1000 Musikerinnen und Musikern besetzen um in der Berliner Philharmonie (Abbildung 4.1), die Dritte Sinfonie Beethovens mit einem der Uraufführung im **Palais Lobkowitz** ähnlichem Klangvolumen hervorbringen.

Mit dem Rückzug der Aristokratie, dem Aufschwung des Bürgertums und der folgenden wachsenden Wichtigkeit öffentlicher Repräsentations- und Festäle als Aufführungsstätten sinfonischer Musik, steigt auch die Nachhallzeit. War sie vor 1808 noch bei höchstens 1,6s so lag sie in den nach diesem Jahr frequenter bespielten Sälen bei über 2s, demgemäß wuchsen auch die Besetzungsstärken der Orchester. Diese Veränderung wird von den Zeugen der Zeit jedoch eher kritisiert als dass sie als “Fortschritt” angesehen würde. Gerade der große Redoutensaal, der Saal, welcher von allen, zur Musikdarbietung genutzten Sälen seiner Zeit einem modernen Ideal wie beispielsweise dem Wiener Musikvereinssaal am nächsten käme, wird zur Beethovenzeit wiederholt bemängelt in Punkt Klarheit, Verständlichkeit und akustischer Ausfüllung des Raumes. Die Nachhallzeit ist in diesem Fall als generelles Charakteristikum tatsächlich wenig geeignet. Der geringe Abstand zwischen Publikum und Orchester begünstigt die Empfindung von Intimität und Dynamik und führt zu einer Art räumlichen “Vergrößerung” der Schallquelle.

7

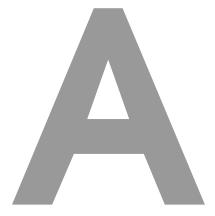
Diskussion

Aus der Perspektive der heutigen musikalischen Praxis gewinnt eine Beschreibung historischer Verhältnisse dann an Relevanz, wenn es gelingt, sie im Sinne ihrer Zeit als einen Idealzustand, als Kompromiss oder als ein notwendig hingenommenes Übel zu charakterisieren. Es ist nicht zwangsläufig eine Frage der Liebhaberei oder des Purismus Musik aus vergangener Zeit so hören und erleben zu wollen, wie sie vom Publikum ihrer Zeit empfunden wurde, nur ist das reine Zusammenspiel zwischen - im Falle von Beethovens Sinfonien - Orchester und Raum nur ein bemerkenswerter Aspekt von vielen. Wir sprechen von Parametern wie beispielsweise Besetzung und Instrumentarium, welche zusätzlich zu recherchieren sind um eine Aufführung aus vergangener Zeit annähernd reproduzieren zu können. Es ist definitiv nicht nur eine Art der Wertschätzung historischer Verhältnisse, Aufführungspraxis oder deren Konservierung. Auch wenn die Komposition primärer Inhaltspunkt ist, sollte alles, was dazu beiträgt bzw. damals dazu beigetragen hat, dass ein Werk in dem Ausmaß eingeschlagen hat, wie es nun mal tat, auch heute in keiner Weise vernachlässigt werden und schon gar nicht in Vergessenheit geraten, sondern eher reproduziert oder zumindest recherchiert und dokumentiert werden.

Durch die grundsätzliche Simulation ist durchaus aufgefallen, dass der Raum den Schall, eben dieses doch recht *brachialen* Ausschnitts, eher noch verstärkt - vor allem im Kärntnertortheater. Aber schon die moderne, möglichst originalgetreu gehaltene Reinterpretation - der *Resound Beethoven-Konzertreihe* - im Redoutensaal, einem modernen "tatsächlichen" Konzertsälen nicht allzu unähnlichen Saal, lässt Beethovens Neunte laut Kritiken schon dermaßen anders, jedoch gänzlich im positiven Sinne, erklingen, als es die übliche Aufführungspraxis und die zeitgenössischen Konzertsäle allen Anschein nach tun. Es steht außer Frage, dass die Komposition selbst das Meisterwerk ist und eine Partitur somit die Zeit überdauert, jedoch wird in Punkt Besetzung und Aufführungspraxis vom Komponisten zumeist wenig bis nichts festgehalten oder überliefert, was im Nachhinein entsprechende Recherche erfordert wenn man eine Aufführung aus ihrer Zeit rekonstruieren bzw. sie originalgetreu aufführen möchte.

Beethoven selbst fühlte sich im Grunde noch wohler in kleineren und folglich intimeren Räumlichkeiten obwohl nicht allzu lange nach seinem Tod das Streben nach dem *Verschwimmen* des Orchesters, des Schalls im Raum immer mehr an Popularität unter Komponisten sowie deren Publikum gewinnt. Dies liest sich auf die Zeit der frühen Wiener Klassik zurückführen zu der größten Teils noch in den privaten Palais der Aristokratie konzertiert wurde, in denen aufgrund ihrer kleineren Maße und entsprechend kleinerem Abstand zwischen Musikern und Publikum eine deutlich spürbarere Intimität herrschte. Hier könnte man durchaus noch einen Schritt weiter zurück gehen und jene Tatsache als Überbleibsel der im Barock vorherrschenden Kammermusik bezeichnen. Und obwohl einiges an Parametern mitspielt, ist wohl die Akustik eines Konzertaales, nach dem Orchester und dessen Besetzung, die wichtigste Komponente um ein Konzert zu einem *Erlebnis* zu machen. Unabhängig in welcher musikalischen Epoche wir uns befinden, die raumakustischen Ideale ihrer Zeit gehören ganz eng zur Komposition und ihrer Aufführungspraxis und sollten im Idealfall so weit wie möglich in eine Aufführung einfließen - sei die Akustik eines Raumes selbst nun bewusst in das kompositorische Schaffen eingeflossen oder nicht.

Anhang



Grundlagen der Raumakustik

Wir unterteilen die Raumakustik in drei grundlegende Arten, wenn auch die Grenzen zwischen ihnen nicht scharf gezogen werden können. Die **wellentheoretische**, die **statistische** und die **geometrische Raumakustik**. Erste fußt auf Wellengleichungen, welche für einfache Raumformen lösbar sind. Sie beschreibt den Schall in seiner Form als Welle und zugehörige Wellenphänomene, welche in der Raumakustik eine besondere Rolle spielen sowie *Ausbreitung*, *Absorption*, *Reflexion*, *Überlagerung* von Wellen und *Impedanz*. Nach längerer Zeit und damit vielen Reflexionen ist die mathematische Beschreibung eines einzelnen Schallstrahls nicht mehr vernünftig handhabbar, weshalb die statistische Raumakustik auf statistische Aussagen über das Schallfeld zurückgreift und sich auf die *Energiebilanz* zwischen Energiequelle und Energiesenke - Schallquelle und Verbraucher(=Absorber) konzentriert. Die Nachhallzeit wird beispielsweise in weiterer Folge aus der Abklingkurve dieses Energieverbrauches ermittelt. Unter Anwendung der Gesetze der Optik geht die geometrische Raumakustik davon aus, dass sich Schall geradlinig ausbreitet, womit hier vor allem Direktschall und erste Reflexionen sehr gut zu beschreiben sind.

A.1 Nachhall

Der Anteil eines Schallereignisses, welcher nicht auf direktem Wege beim Hörer bzw. einem Empfänger ankommt sondern über Umwege, wird als Hall bezeichnet. Grundsätzlich trifft der Direktschall zu allererst bei einem Empfänger ein, da er im Grunde den kürzesten Weg zurückzulegen hat. Darauf folgen erste Reflexionen und bald überlagern sich so viele Reflexionen, welche nicht mehr einzeln wahrgenommen werden können. Zu diesem Zeitpunkt spricht man von diffusem Nachhall.

Bereits 1923 beschreibt Wallace Clement Sabine das sogenannt älteste akustische Merkmal eines Raumes, die Nachhallzeit, als die Zeit in der die mittlere Schallenergie im geschlossenen Raum um $60dB$ abfällt.

$$T_S = \frac{55,26}{c} \cdot \frac{V}{A} = 0,161 \cdot \frac{V}{A} = 0,161 \cdot \frac{V}{S \cdot \alpha} \quad (\text{A.1})$$

T_S ... Nachhallzeit nach **Sabine** in s

c ... Schallgeschwindigkeit = $343\frac{m}{s}$

V ... Raumvolumen in m^3

A ... äquivalente Absorptionsfläche = $S \cdot \alpha$ in m^2

S ... Oberfläche in m^2

α ... Absorptionsgrad

Mit einem Absorptionsgrad von $\alpha = 1$, dem maximalen Absorptionsgrad, entsprechend dem Freifeld, erhält man nach Sabine eine Nachhallzeit $T \neq 0$.

In dem Wissen, dass Sabine hier von der Realität abweicht, adaptiert Carl Ferdinand Eyring 1930 die Formel zur Berechnung der Nachhallzeit.

$$T_E = -0,161 \cdot \frac{V}{S_{ges} \cdot \ln(1 - \overline{\alpha_m})} \quad (\text{A.2})$$

- T_E ... Nachhallzeit nach **Eyring** in s
 V ... Raumvolumen in m^3
 A ... äquivalente Absorptionsfläche = $S \cdot \alpha$ in m^2
 S_{ges} ... gesamte Raumfläche
 $\overline{\alpha_m}$... mittlerer Absorptionsgrad

Die Formel zur Berechnung der Nachhallzeit nach Sabine fußt prinzipiell auf der Bildung von Energiebilanzen wohingegen Eyrings Formel Schallstrahlen verfolgt bzw. das mittlere "Strahlenschicksal" durch Betrachtung von Schallenergiedichtepaketen.

Die in einem Raum verfügbare Dynamik ist oft nicht ausreichend um einen Pegelabfall um $60dB$ zur Messung der Nachhallzeit T_{60} durchzuführen, weshalb es üblich ist kleinere Pegelabfälle zu messen, welche folglich extrapoliert werden. Es wird immer ab $-5dB$ der Abklingkurve gemessen. Zudem ist ein Abstand von $10dB$ zum Pegel des Hintergrundrauschen einzuhalten um eben dessen Einfluss zu minimieren.¹⁸ Gängigste Beispiele sind T_{30} und $35dB$ wobei Pegelabfälle um $30dB$ oder $20dB$ gemessen und jeweils auf $60dB$ extrapoliert werden.

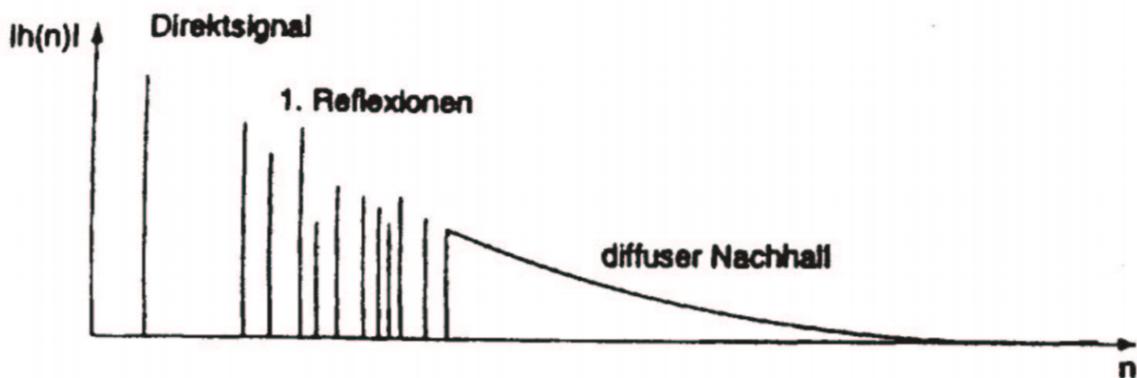


Abbildung A.1: Impulsantwort eines Raumes und seine grundlegenden Bereiche

A.2 Bassverhältnis BR (Bass Ratio)

Als ein Maß für die Klangfarbe des Nachhalls definiert Leo L. Beranek die Bass Ratio indem er die Nachhallzeiten tiefer Frequenzen ($125Hz$, $250Hz$) in Relation mit jener mittleren Frequenzbereiches ($500Hz$, $1 kHz$), eines besetzten Saales, stellt.⁹

$$BR = \frac{T_{125} + T_{250}}{T_{500} + T_{1000}} \quad (\text{A.3})$$

- BR ... Bassverhältnis (Bass Ratio)
 T_N ... Nachhallzeit der jeweiligen Frequenzbänder N in s

A.3 Early Decay Time EDT

Sie beschreibt die Dauer des Anfangsteils der Abklingkurve, genauer die am frühesten abfallenden $10dB$. Dieser erste Abfall von $0dB$ auf $-10dB$ ist nämlich äußerst charakteristisch für die Empfindung des Nachhalls, was auch bedeutet, dass die EDT zur subjektiven Beschreibung eines Raumes, aussagekräftiger ist als T_{20} .

A.4 Deutlichkeit

A.4.1 Deutlichkeitsgrad D_{50}

Frühe Energie erhöht die Durchsichtigkeit und somit auch die Deutlichkeit.¹⁴ Jener Anteil an Energie liegt bei Sprache im Zeitbereich von $50ms$ nach dem Direktschall, welche zur messtechnischen Beurteilung, von *Rolf Thiele* als **Deutlichkeitsgrad** D_{50} wie folgt definiert wurde:

$$D_{50} = \frac{W_{0...50}}{W_{ges}} = \frac{\int_0^{50ms} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \quad (\text{A.4})$$

D_{50} ... Deutlichkeitsgrad in %

$W_{0...50}$... beim Hörer einfallende Energie (in der Zeit von 0 bis $50ms$) in J

$p(t)$... Impulsantwort

$D_{50} > 50\%$... gute Verständlichkeit

Aus der Deutlichkeit lassen sich das Deutlichkeitsmaß C_{50} und das Klarheitsmaß C_{80} ableiten.

A.4.2 Deutlichkeitmaß C_{50}

Das Deutlichkeitsmaß für *Sprache* gibt die Pegeldifferenz zwischen der vor und der nach $50ms$ eintreffenden Schallenergie an und ist somit ein Maß für Sprachverständlichkeit.

$$C_{50} = 10 \cdot \log \frac{W_{0...50}}{W_{50...\infty}} = 10 \cdot \frac{D_{50}}{1 - D_{50}} = 10 \cdot \log \frac{\int_0^{50ms} p^2(t)dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t)dt} = Lp|_{0...50ms} - Lp|_{50ms...\infty} \quad (\text{A.5})$$

Lp ... Schallenergiepegel

$C_{50} > 2\text{dB}$... sehr gute Verständlichkeit

$2\text{dB} > C_{50} > -3\text{dB}$... gute Verständlichkeit

$-3\text{dB} > C_{50} > -8\text{dB}$... noch ausreichende Verständlichkeit

A.4.3 Klarheitsmaß C_{80}

Das Klarheitsmaß für *Musik* gibt die Pegeldifferenz zwischen der vor und der nach $80ms$ eintreffenden Schallenergie an und beschreibt die Durchsichtigkeit von Musik, also die Erkennbarkeit aufeinanderfolgender Töne (Zeitdurchsichtigkeit) und die Unterscheidbarkeit verschiedener Instrumente (Registerdurchsichtigkeit).

$$C_{80} = 10 \cdot \log \frac{W_{0...80}}{W_{80...\infty}} \quad (\text{A.6})$$

$0\text{dB} < C_{80}$... hohe Durchsichtigkeit für Musik

$-3\text{dB} < C_{80} < 0\text{dB}$... Musik umhüllt Zuhörer

A.5 Stärkemaß G

Das Stärkemaß setzt den Schalldruck, den eine omnidirektionale Schallquelle in einem bestimmten Raum im Abstand von $10m$ hervorruft, in Bezug zu jenem Schalldruck derselben Schallquelle, im selben Abstand, in einer nachhallfreien Umgebung.

$$G = 10 \cdot \log \frac{\int_0^{t_1} p^2 dt}{\int_0^{t_1} p_A^2 dt} dB \quad (\text{A.7})$$

Für den Lautstärkeindruck eines Hörers im Saal ist das Stärkemaß - besonders im mittleren Frequenzbereich G_{mid} - als Mittel der Werte in den $500Hz$ und $1000Hz$ Oktavbändern maßgeblich.⁹ In den Simulationen wurde die omnidirektionale Schallquelle im Mittelpunkt des Orchesters bzw. des Orchesters und des Chors positioniert. **A0** (rot) in den Abbildungen Abbildung 4.4, Abbildung 4.5, Abbildung 4.7 und Abbildung 4.8.



Booklet: Anechoic Orchestral Music Recording

Der Vollständigkeit und Detailtreue halber ist anbei das Booklet der Sammlung (*Anechoic Orchestral Music Recording*) nachhallfreier Aufnahmen zu finden.

- I . ANECHOIC RECORDING PROGRAM
 II . ANECHOICALLY RECORDED SAMPLES FOR EVALUATION
 III . SAMPLES OF SOUND WITH SIMULATED REVERBERATION
 IV . INSTRUMENTAL COMBINATIONS AND SCORE-READING
 V . DIFFERENCES IN SOUND RECORDING METHOD
 VI . TEST SIGNALS FOR MEASUREMENT OF ROOM ACOUSTICS

MASAHIKO ENKOJI conducting
 OSAKA PHILHARMONIC ORCHESTRA



COMPACT
DISC
DIGITAL AUDIO

ANECHOIC ORCHESTRAL MUSIC RECORDING



PURE GOLD
COLLECTION
Evaporated 24K Gold

ANECHOIC ORCHESTRAL MUSIC RECORDING

I . ANECHOIC RECORDING PROGRAM

[1] MOZART:Overture—"Le Nozze di Figaro"	4'19"
[2] MENDELSSOHN:4th mov.—Symphony No.3 in a minor, Op.56 "Scottish", bars 396-490	2'20"
[3] BIZET:Menuet—"L'Arlésienne" Suite No.2	4'13"
[4] Johann & Josef STRAUSS:Pirnicate-Polka	2'35"
[5] GLINKA:Overture—"Ruslan and Lyudmila"	5'22"
[6] VERDI:Prelude to Act 1—"La Traviata"	3'27"
[7] BRUCKNER:1st mov.—Symphony No.4 in E-flat major "Romantic", bars 517-573	1'41"
[8] DEBUSSY:Prelude à l'Après-Midi d'un Faune, bars 1-20	1'55"

II . ANECHOICALLY RECORDED SAMPLES FOR EVALUATION

[9] HANDEL/HARTY:No.6—Water Music Suite, bars 1~11	0'21"
[10] MOZART:Overture—"Le Nozze di Figaro", bars 1-18	0'16"
[11] BEETHOVEN:4th mov.—Symphony No.9 in d minor, Op.125 "Choral", bars 1-7	0'10"
[12] BRAHMS:1st mov.—Symphony No.4 in e minor, Op.98, bars 354-362	0'17"
[13] BRUCKNER:1st mov.—Symphony No.4 in E-flat major "Romantic", bars 560-573	0'28"
[14] TCHAIKOVSKY:1st mov.—Symphony No.4 in f minor, Op.36, bars 1-6	0'20"
[15] MAHLER:4th mov.—Symphony No.5, bars 1-3	0'25"
[16] DEBUSSY:Prelude à l'Après-Midi d'un Faune, bars 1-3	0'22"

3

III . SAMPLES OF SOUND WITH SIMULATED REVERBERATION

(1) Mozart:Overture—"Le Nozze di Figaro", bars 1-18	
[17] a) Addition of Wien Musikvereinssaal's reverberation	0'17"
[18] b) Addition of Amsterdam Concertgebouw's reverberation	0'17"
[19] c) Addition of Boston Symphony Hall's reverberation	0'17"
(2) Bruckner:1st mov.—Symphony No.4 in E-flat major "Romantic", bars 560-573	
[20] a) Addition of Wien Musikvereinssaal's reverberation	0'29"
[21] b) Addition of Amsterdam Concertgebouw's reverberation	0'28"
[22] c) Addition of Boston Symphony Hall's reverberation	0'28"
(3) Debussy:Prelude à l'Après-Midi d'un Faune, bars 1-3	
[23] a) Addition of Wien Musikvereinssaal's reverberation	0'23"
[24] b) Addition of Amsterdam Concertgebouw's reverberation	0'23"
[25] c) Addition of Boston Symphony Hall's reverberation	0'23"

IV . INSTRUMENTAL COMBINATIONS AND SCORE-READING

BRAHMS:1st mov:Symphony No.4, bars 386-407	
[26] 1, Full orchestra (Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.+Cb.+Vc.+Vla.+Vln.I)	0'33"
[27] 2, Timp.	0'32"
[28] 3, Timp.+Hrn.+Trp.	0'31"
[29] 4, Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.	0'32"
[30] 5, Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.+Cb.	0'32"
[31] 6, Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.+Cb.+Vc.	0'32"

[32] 7, Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.+Cb.+Vc.+Vla.	0'32"
[33] 8, Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.+Cb.+Vc.+Vla.+Vln.II	0'33"
[34] 9, Full orch.(Timp.+Hrn.+Trp.+Fl.+Ob.+Cl.+Fg.+Cb.+Vc.+Vla.+Vln.II +Vln.I)	0'33"

V . DIFFERENCES IN SOUND RECORDING METHOD

(1) MOZART:Overture—"Le Nozze di Figaro", bars 1-50	
[35] (a) Omni-directional Single-point pickup recording	0'53"
[36] (b) Omni-directional Single-point pickup+Time-coherent recording	0'53"
[37] (c) Uni-directional Single-point pickup recording	0'53"
[38] (d) Multi-mike setup recording	0'53"
[39] (e) Multi-mike setup+Time-coherent recording	0'53"
(2) BRUCKNER:1st mov.—Symphony No.4 in E-flat	
[40] (a) Omni-directional Single-point pickup recording	0'48"
[41] (b) Omni-directional Single-point pickup+Time-coherent recording	0'48"
[42] (c) Uni-directional Single-point pickup recording	0'47"
[43] (d) Multi-mike setup recording	0'48"
[44] (e) Multi-mike setup+Time-coherent recording	0'48"

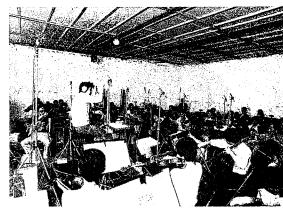
VI . TEST SIGNALS FOR MEASUREMENT OF ROOM ACOUSTICS

[45] 1001Hz Sine Wave Channel Check (L→R)	-15dB	0'29"
[46] 1001Hz Sine Wave	-15dB	0'29"
[47] 1kHz, 5Hz-22.05Hz Sweep	-20dB	1'07"
[48] 1001Hz Toneburst (EIJ)	0dB	0'29"

49	1001Hz Toneburst (ELAJ)			
50	Impulse I (1 Sample) 100ms±20% (random) cycle, 256times	0dB	0'29"	
51	Impulse II (1 Sample) 45±20% (random) cycle, 8times	0dB	0'27"	
52	Pulsive Signal (40ms) 7S±20% (random) cycle, 4times	0dB	0'30"	
53	White Noise Uniformly distributed noise in the M-sequence	0dB	2'02"	

On (54) to (53), 3 types of 1/3 octave band noise with the displayed value as the central frequency are recorded at 2 seconds ON and 3 seconds OFF and at -20 dB on the left channel of each track; 1 octave band noise with the displayed value as the central frequency is recorded at 8 seconds ON and 7 seconds OFF and at -16dB on the right-channel of each track.

54	L 25Hz, 31.5Hz, 40Hz R 31.5Hz	-20dB -16dB	0'16"	
55	L 50Hz, 63Hz, 80Hz R 63Hz	-20dB -16dB	0'13"	
56	L 100Hz, 125Hz, 160Hz R 125Hz	-20dB -16dB	0'13"	
57	L 200Hz, 250Hz, 315Hz R 250Hz	-20dB -16dB	0'13"	
58	L 400Hz, 500Hz, 630Hz R 500Hz	-20dB -16dB	0'13"	
59	L 800Hz, 1KHz, 1.25KHz R 1KHz	-20dB -16dB	0'13"	
60	L 1.6KHz, 2KHz, 2.5KHz R 2KHz	-20dB -16dB	0'13"	
61	L 3.15KHz, 4KHz, 5KHz R 4KHz	-20dB -16dB	0'13"	
62	L 6.3KHz, 8KHz, 10KHz R 8KHz	-20dB -16dB	0'13"	
63	L 12.5KHz, 16KHz, — R 16KHz	-20dB -16dB	0'10"	
64	Pink Noise	-14dB	0'27"	



Masahiko Enkoji conducting
OSAKA PHILHARMONIC ORCHESTRA

Recording/Aufnahme/Enregistrement: 28 July (Juli/juillet) 1987, Minoo Civic Hall, Osaka
Recording Director/Aufnahmelleitung/Directeur artistique: Katsuhiro Tsubonou
Yoshiharu Kawaguchi/DENON
Recording Engineer/Tonmeister/Ingénieur du son: Norio Okada, Katsuhiro Miura/DENON
Technology/Technologie/Technologie: Takeaki Anazawa, Keizo Inokuchi/DENON
Editing/Schnitt/Montage sonore: Genichi Kitami/DENON
Design of anechoic room and measurement/Entwurf des schalltoten Raums und Messung/
Conception de la chambre sourde et mesures: Takayuki Hidaka, Kenji Kageyama, Sadahiro Masuda/
Takenaka Komuten, Co.,Ltd.
Construction of anechoic room/Bau des schalltoten Raums/Construction de la chambre
sourde: Takenaka Komuten, Co.,Ltd.
This recording was made possible thanks to the technical cooperation provided by the
Technical Laboratories of Takenaka Komuten, Co.,Ltd./Diese Aufzeichnung wurde ermöglicht
durch die technische Kooperation der Technical Laboratories der Takenaka Komuten, Co.,Ltd./
Cet enregistrement a été réalisé grâce à la collaboration technique des laboratoires Ltd./de
Takenaka Komuten, Co.,Ltd.

★ CAUTION ★

VI: TNo 48~53

Since extremely high level signals have been recorded, be sure not to apply an excess input at the time of regeneration. This may damage the amplifier and/or the speakers.

Da die Signale auf dieser CD im Vergleich zu herkömmlichen Programmquellen teilweise extrem hohe Pegel aufweisen, ist bei ihrer Verwendung große Vorsicht geboten, da andernfalls eine Zerstörung von Lautsprechern oder Verstärkern durch Überlastung zu befürchten ist.

Puisque des signaux de niveau extrêmement élevé sont enregistrés sur cette bande, il est recommandé de faire suffisamment attention à ne pas endommager l'amplificateur ou les haut-parleurs lors de la reproduction, à cause de la puissance d'entrée excessive de ces signaux.

The beautiful resonance of a concert hall or church with superb acoustics is an indispensable element in the appreciation of music. When we listen to music, what we hear is an inseparable combination of the sound produced by musical instruments and the resonance of the hall.

What sound would remain if one were to remove this resonance from the music? A recording deprived of reverberation enables to evaluate accurately the acoustics of concert halls, listening rooms, and audio equipment such as reverberation-adding devices.

Anechoic recordings are generally made in anechoic room or outdoors. In the case of this recording, to get a large anechoic space admitting a full orchestra, a temporary anechoic room was made using a lot of sound absorbing material on the stage of Minoo Civic Hall in Osaka. As can be seen in (A)-1, the stage was covered all over with absorbing material inside which the orchestra performed. However, as regards the stage, because of the necessity for a hard floor for instruments such as the cellos, absorbing material could only be used in certain

areas.

Table (B)-1 presents a comparison of the results of measurement of inverse square characteristic deviation in the temporary anechoic room along with the recommended values for semi-anechoic rooms specified by ISO3745, the international standard. It shows that the measuring result satisfies the recommendation (see Reference 1).

The equipment used for this recording (Table (B)-2) included a total of 29 specially selected and adjusted high performance microphones made by companies such as B&K and Schoeps, a 32-channel high precision microphone amplifier developed and manufactured by Denon/Nippon Columbia especially for this recording, Mitsubishi X-850, a 32-channel multi-track digital tape recorder (photograph (A)-2), and a wide variety of monitoring devices. For the purposes of each bound, the necessary channels were selected from the materials recorded on the 32-channel digital tape, and the digital mix-down was carried out using the most advanced equipment and technology (see Reference 2).

An artificial reverberator is included

among the monitoring equipment to supply sound with additional reverberation to the conductor and players of the orchestra. Due to the absence of reverberation in anechoic recordings, general pauses (Fermata) in the music tend to be shorter than those in normal sound environment through psychological effect, and the original music pause cannot be obtained when listening to the recording after the addition of reverberation. To solve this problem, the players performed music monitoring the sound with 2-second artificial reverberation through headphones. This means that this CD can be played back in a concert hall or elsewhere and still give the impression of a musically appropriate relationship between sound and silence.

The pieces featured on this CD are well-known works frequently performed at concerts, and were chosen for their varied instrumental combinations as well as to cover the wide span of Western musical history.

The CD contains this anechoically recorded music as well as brief sam-

ples which will prove handy for assessment, samples for clarifying differences in the sound quality obtained with different mixing methods. And furthermore, a variety of signals for measuring room acoustics and audio equipment, created in collaboration with the Acoustics Laboratories of Waseda University. This single CD enables you to perform both sound quality evaluation and measurement.

Since all the microphones used in this recording were calibrated, the real sound pressure during recording achieved at the places where the microphones were located can be ascertained.

Further details are contained in Part II, but we might point out here that the clipping level of the CD is equivalent to 112 dB SPL, showing that the sonic pressure of the orchestra is surprisingly low and indicating the enormous importance of the effect played by the concert hall itself.

The contents of this CD are divided into six parts, as follows.

I: Anechoic Recording Program

This section contains anechoic recordings of orchestral works from each period of music history, from the classical through to the modern periods.

Researches about the optimum reverberation time for orchestral works (see Reference 3) have indicated, for example, that the optimum reverberation time in individual works differs in such a manner that it is of short duration in the case of classical, pre-classical, and modern works, and long duration in the case of Romantic works. This means that concert halls, artificial reverberator, and audio equipment as Digital Delay surround processors, etc. adjusted so as to provide the ideal sound for one particular work will not necessarily provide the ideal sound for another work.

By reproducing the orchestral

works from different ages gathered on this CD in concert halls and various rooms ranging from gymnasiums to listening rooms, it is possible to judge immediately their characteristics and ways in which improvements might be made.

Although this anechoically recorded program is not intended for appreciation by means of reproduction through headphones or in rooms with little reverberation, each individual part can be heard with almost excessive clarity. The recording thus presents an ideal source for score-reading and for gaining a firm grasp of the musical structure of the works.

The positioning of instruments and microphones are shown in Figure (C)-1. This part (Part I) were recorded principally with 2 main microphones above the head of the conductor.

II: Anechoically Recorded Samples for Evaluation

This section contains short samples taken from famous orchestral works of each age.

These samples have been prepared so as to permit rapid and efficient evaluation of concert halls, sound environ-

ments, and audio equipment. We would recommend its use together with Part I for more precise evaluation.

As with Part I, the samples gathered here were recorded principally with main microphones (two B&K Type 4006 omni-directional microphones) positioned above the head of the conductor. The sound was recorded dominantly with 2 main microphones, but some spot-microphones were also used for some instruments sounding weak. Output signals of all microphones were often mixed compensating the time difference caused by the dis-

tance among microphones (see Reference 2).

The maximum level of the music on this track (maximum recording level on this CD) corresponds to the acoustical sound level of 112 dB SPL in the original recording field, and means the value (14 dB below the CD clipping level) for the pink noise recorded in Part VI, Track [64], is equivalent to 98 dB SPL.

Listeners interested in reproducing levels could calibrate it using a noise meter and this track.

III: Samples of Sound with Simulated Reverberation

In this part the simulated reverberation of the world's most famous concert halls, the Musikvereinsaal in Vienna, the Amsterdam Concertgebouw, and the Boston Symphony Hall, are added to the anechoic recordings, thus making it possible to listen to the music while comparing the character of these concert halls. In other words, this is what it sounds like if the anechoic recordings contained on this CD are reproduced in these concert halls.

12

The simulated reverberation applied here is obtained by calculation from design drawings of the building using the most advanced computer programs.

The concert halls featured here are of the rectangular "shoe-box" type, and are very similar in respect to size and reverberation time. In comparison with fan-shaped, horseshoe-shaped, and vineyard type halls, their sound characteristics certainly seem similar.

The third is the "multi-microphone" method, in which numbers of microphones are used for all parts or instruments of the orchestra and the final sound is "constructed" by mixing these signals.

The "single-point mixing" method is used mainly for classical music, especially for chamber music and other music employing small instrumental combinations. This method can be further subdivided as shown in Table (B)-3 into a method in which sound localization is obtained on the basis of either time or level difference alone, and a method in which orientation is obtained by a combination of the two.

The "single-point mixing plus auxiliary microphone" method is used mainly in recordings of classical music calling for large instrumental forces.

The "multi-microphone" method is that generally used in recordings of popular music genres, although it is also sometimes used for classical music employing large forces.

Mixing is required if the "single-point mixing plus auxiliary microphone" and "multi-microphone" methods are used. Mixing can be conducted in one

of two ways: the conventional method merely involves adjustment of level and mixing of microphone outputs, but the other method, known as "time-coherent mixing" (see Reference 2), involves compensating for the delay (time difference) arising between the auxiliary microphones placed close to each instrument.

In order to show the differences in sound quality obtained by each of these mixing methods and to clarify the effects of delay compensation, we have prepared five samples each of music by Mozart and Bruckner using the "single-point mixing (time difference method-A/B)", "single-point mixing (A/B) plus auxiliary microphone (with delay compensation)", "single-point mixing (level difference method-ORTF)", "multi-microphone (without delay compensation)", and "multi-microphone (with delay compensation)" recording methods.

Through the effects obtained by anechoic recording, these samples should show with greater clarity than has previously been possible, the strengths and weaknesses of each of these recording methods.

14

on this track.

[54]–[63] Band Noise (1/3, 1/1 Octave)
Band noise on the 1/3 octave band (C-4) and the one octave band (C-5), in which the energy within each band is equal, is recorded on the left and right channels respectively.

[64] Pink Noise

This track contains pink noise, which is characterized by the energy contained in the 1 Hz frequency bandwidth being in inverse proportion to the frequency.

Tracks [53] to [64] contain various types of noise which can be used as signal sources for measuring the transmission and reverberation characteristics of listening rooms and concert halls.

[53] White Noise
Uniformly distributed noise in the M-sequence (white noise) characterized by the constancy, irrespective of frequency, of energy contained in the 1 Hz frequency bandwidth, is recorded

Nevertheless, it should not be too difficult to differentiate between the resonances of the three halls.

We can hear anechoic full orchestral

recordings combined with the simulated reverberation of famous halls by using digital signal processing technology.

IV: Instrumental Combinations and Score-reading

The absence of echo in this recording means that the sound of the individual instruments can be heard with extraordinary clarity. Moreover, the fact that the individual sounds do not intermingle means that the way in which the instruments are combined can be appreciated much more clearly than is usually the case.

Let's now practise score-reading, employing a passage from a Brahms' symphony (see the score on pages 36 and 37). Listen to the way in which the sounds are combined as the number of

instruments gradually increases.

The music is played initially by all the instruments together [26].

As instrumental grouping ①, we hear the sound of the timpani alone [27].

Instrumental grouping ②, brass instruments, are then added [28], followed by instrumental grouping ③, the woodwinds [29]. The instrumental combinations are thus increased until we hear the full orchestra once again at [34].

V: Differences in Sound Recording Method

Many different mixing methods are currently used to record music. These methods can be divided basically into three categories.

The first is the "single-point mixing" method, in which use is made of two mi-

crophones or one single stereo microphone. The second is the "single-point microphones plus auxiliary microphone" method, whereby some spot-microphones are set close to instruments whose sound is too weak.

13

VI: Test Signals for Measurement of Room Acoustics

This part contains signals for measurement of room acoustics and audio equipment.

Tracks [48] to [53] feature extremely high level signals, and so, in order to protect your amplifier and loud speakers, we would advise you to turn down the volume level in advance.

[45] 1,001 Hz Sine Wave

A sine wave of 1,001 Hz, -15 dB, is recorded first on the left and then on the right channels, enabling you to check on the channel connections of amplifier and loud speakers.

[46] 1,001 Hz Sine Wave

A sine wave of 1,001 Hz, -15 dB, has been recorded on both channels and can be used as a reference level to calibrate the level through the system chain.

[47] Sweep 1 kHz, 5 Hz–22.05 kHz

After the first 1 kHz pilot signal, a logarithmic frequency sweep (C-2) ranging from 5 Hz to 22.05 kHz has been recorded to enable measurement of the frequency characteristics of an audio system.

[48] 49] 1,001 Hz Toneburst

These tracks feature tone burst waves in accordance with EIJ and EIAJ standards, to enable measurement of the transient characteristics of an audio system.

[50] 51] Impulses I, II

Two types of impulses have been recorded so as to make it possible to measure transmission characteristics by means of Fast Fourier Transform (FFT). Reduction of the disturbance by various noises in the measurement field and amendment of the dynamic range of the result can be achieved through synchronous summing of the impulse responses. To enable accurate measurements using this technique, a random cycle determined by a random number generator is applied to generate impulses. A short cycle (50) for electro-acoustic measuring and a long cycle (51) for room-acoustic measuring are provided.

[52] Pulsive Signal

A signal (C-3) of 40 ms with an almost flat spectrum has been recorded four times at intervals of 7 seconds ±20% to permit measurement of the transmis-

15

Musik zu hören ist für uns untrennbar verbunden mit dem Erlebnis oder der Vorstellung des reichen, schönen Klanges von Konzertsaal oder Kirche. Wie würde Musik aber klingen, wenn jeglicher Nachhall wegfallen würde?

Den Klang der Musikinstrumente sozusagen im unverhüllten Zustand zu erleben ist normalerweise nicht der Sinn von Musikaufnahmen (und es ist auch gar nicht einfach, bei einer Aufnahme alle Raumeinflüsse auszuschalten); eine solche Aufnahme, die keinerlei Einflüsse eines Raumes enthält, ist aber äußerst nützlich, wenn es darum geht, die klanglichen Auswirkungen eines Konzertsäales, eines Wiedergaberaumes, eines Nachhallgerätes und anderer elektroakustischer Geräte genau zu beurteilen. Darüberhinaus ermöglicht eine solche Aufnahme, zumal die eines vollen Orchesters, dem Musikhörer ein ganz neuartiges Verständnis für den Aufbau eines Musikstückes, für die Rolle der einzelnen Instrumente, und bietet eine einmalige Chance zum Partiturstudieren.

Dieser von jedem Akustiker und Tontechniker, aber auch von vielen Musikliebhabern lange gehegte Wunsch

ist weltweit zum ersten Mal auf dieser CD realisiert worden.

Nachhallfreie Aufnahmen werden normalerweise im reflexionsfreien („schalltoten“) Raum durchgeführt. Da für diese Aufnahme aber eine viel größere Bühnenfläche nötig war, als herkömmliche Räume dieser Art bieten, und Aufnahmen im Freien große Schwierigkeiten bei der Vermeidung von Nebengeräuschen bereiten, wurde hier der Weg gegangen, die Bühne eines normalen Konzertsäales (Minoo Shimin-Kaikan, Osaka) mit riesigen Mengen Schallabsorbern umgeben zu umschließen und auf diese Weise vorübergehend in einen schalltoten Raum umzufunktionieren (Foto A-1). Von allen Seiten mit Schallabsorbern umgeben hatte das Orchester zu spielen; nur für die Celli, die einen festen Untergrund benötigen, war ein kleiner Teil des Bodens ausgenommen.

Tab. B-1 zeigt die Meßwerte der Abweichung vom „inverse square law“, woraus ersichtlich wird, daß die Bedingungen der internationalen Norm für reflexionsarme Räume (ISO 3745) eingehalten werden (Lit. 1).

Wie aus Tab. (B)-2 ersichtlich, wurden für die Aufnahme insgesamt 29 besonders ausgewählte Studio-Mikrofone (Brüel & Kjær, Schoeps u.a.), ein von DENON speziell entwickelter Mikrofonverstärker (Foto (A)-2) und ein digitaler 32-Kanal-PCM-Recorder Typ X850 von Mitsubishi verwendet. Die Abmischung erfolgte ebenfalls digital. Zur Abhöranlage gehörte auch ein Hallgerät – für den Dirigenten und diejenigen Orchestermitglieder, die während der Aufnahme einen Nachhall über Kopfhörer eingespielt haben wollten. Dies war eine Maßnahme gegen die allgemeine Neigung von Musikern, bei Aufnahmen in trockenen Räumen durch Fermaten verlängerte Pausen usw. etwas kürzer zu halten als normal, wodurch sich dann bei der Wiedergabe der Aufnahme in Räumen mit Nachhall nicht der gewohnte musikalische Fluss ergibt. Um diesen Effekt vorzubeugen, wurde dem Monitorsignal ein Hall mit der Nachhallzeit 2 s beige mischt.

Bei der Zusammenstellung der Musikbeispiele waren wir bemüht, aus dem gängigen Konzertrepertoire Stücke mit möglichst verschiedenarti-

18

ger Besetzung auszuwählen und alle Stilepochen abzudecken.

Mit diesen Musikbeispielen beginnt das Programm dieser CD, anschließend folgen einige kurze Ausschnitte, für eine zeitsparende klangliche Bewertung in der um folgenden geschilderten Weise, ferner Klangbeispiele zum Vergleich verschiedener Aufnahmeverfahren, und im letzten Teil wichtige, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Akustik der Waseda Universität Tokyo hergestellte Meßsignale für raumakustische und elektroakustische Messungen. Damit werden sowohl Hörtests als auch Messungen mit Hilfe nur einer einzigen CD ermöglicht.

Die Kürze der Beispiele ermöglicht einen zeitsparenden Hörtest, zur genaueren Beurteilung empfehlen wir jedoch, auch die Beispiele aus Teil I heranzuziehen.

Diese Musikbeispiele sind ebenfalls hauptsächlich mit den zwei Hauptmikrofonen (Brüel & Kjær Type 4006, Kugelcharakteristik) aufgenommen, nur bei einigen im Gesamtklang un-

III: Kurze nachhallfreie Musikausschnitte für die Klangbeurteilung

Hier sind, zum Teil aus den Beispielen von Teil I herausgenommene, für die Beurteilung des Raumklanges besonders kritische kurze Passagen zusammengefaßt.

Die Kürze der Beispiele ermöglicht einen zeitsparenden Hörtest, zur genaueren Beurteilung empfehlen wir jedoch, auch die Beispiele aus Teil I heranzuziehen.

Diese Musikbeispiele sind ebenfalls hauptsächlich mit den zwei Hauptmikrofonen (Brüel & Kjær Type 4006, Kugelcharakteristik) aufgenommen, nur bei einigen im Gesamtklang unge-

nügend ausbalancierte Instrumente (z.B. das Horn) wurde das Stützmikrofon mit einer Zeitverzögerung, die seiner Entfernung zum Hauptmikrofon entspricht, hinzugemischt.

Der Spitzenpegel dieser Aufnahmen (clipping level der CD) entspricht einem Schalldruck von 112 dB. Um den originalen Schalldruck zu reproduzieren, verwenden Sie bitte zunächst Track [64] „rosa Rauschen“ (-14 dB), und pegen Sie den effektiven Schallpegel mit Hilfe eines Schallpegelmeters auf 98 dB ein.

III: Beispiele mit Nachhall verschiedener Konzertsäle

In diesem Teil wurde einigen Stücken des vorangehenden Programms der Nachhall von drei der weltbesten Konzertsäle hinzugefügt. Es sind dies der Wiener Musikvereinssaal, das Concertgebouw Amsterdam und die Boston Symphony Hall. Sie können damit vergleichen, wie die Aufnahmen dieser CD klingen würden, wenn man sie in diesen Konzertsälen wiederge-

ben würde.

Realisiert wurde der Nachhall mit Hilfe eines Computerprogramms, mit dem aus den räumlichen Daten der Säle die akustischen Verhältnisse berechnet und analysiert wurden; von einem speziell für Beschallung entwickelten Computersystem wurde dann für die nachhallfreien Aufnahmen der jeweilige Raumklang simuliert.

I: Nachhallfreie Musikbeispiele

Hier sind jeweils exemplarische Orchesterwerke aus der Klassik, der frühen und späten Romantik und aus der neueren Zeit ohne Nachhall aufgezeichnet.

Untersuchungen über die ideale Nachhallzeit für Orchestermusik (Lit. 3) haben ergeben, daß diese nicht für jede Art von Musik gleich ist, daß z. B. für Musik aus der Zeit bis zur Wiener Klassik und für neuere Musik etwas kürzere, und für romantische Musik etwas längere Nachhallzeiten bevorzugt werden. Daher muß ein Konzertsaal, ein Hallgerät, ein surround processor usw., die an ein bestimmtes Musikbeispiel optimal angepaßt wurden, nicht notwendigerweise bei anderer Art von Musik ebenfalls ein gleich gute Resultat erzielen.

Mit den hier bereitgestellten Aufnahmen von Orchesterwerken aus allen Stilepochen läßt sich auf der Stelle nur

mit dem Gehör feststellen, welche ersten Schritte zur klanglichen Verbeserung nicht nur von Konzertsälen, sondern auch von Sporthallen, Abhörräumen usw. mittels Raumverkleidung oder Verhllung zu unternehmen sind.

Eine ganz andere Anwendungsmöglichkeit ergibt sich bei Wiedergabe dieser Aufnahmen über Kopfhörer oder in einem trocknen Abhörraum. Dabei sollte kein Hörgenuss im üblichen Sinne erwartet werden; aber die Klarheit und Durchhörbarkeit aller einzelnen Instrumente des Orchesters bieten eine einzigartige Chance zum Partiturenlesen und zur Analyse des Orchesterklanges, und man sollte es sich nicht entgehen lassen, auf diese Weise die Stücke ganz neu kennenzulernen.

Die Orchesteraufstellung sowie die Position der Mikrofone ist aus Abb. (C)-1 ersichtlich. Es wurde hauptsächlich das Signal der Hauptmikrofone (über dem Dirigenten) verwendet.

19

ger Besetzung auszuwählen und alle Stilepochen abzudecken.

Mit diesen Musikbeispielen beginnt das Programm dieser CD, anschließend folgen einige kurze Ausschnitte, für eine zeitsparende klangliche Bewertung in der um folgenden geschilderten Weise, ferner Klangbeispiele zum Vergleich verschiedener Aufnahmeverfahren, und im letzten Teil wichtige, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Akustik der Waseda Universität Tokyo hergestellte Meßsignale für raumakustische und elektroakustische Messungen. Damit werden sowohl Hörtests als auch Messungen mit Hilfe nur einer einzigen CD ermöglicht.

Die Kürze der Beispiele ermöglicht einen zeitsparenden Hörtest, zur genaueren Beurteilung empfehlen wir jedoch, auch die Beispiele aus Teil I heranzuziehen.

Diese Musikbeispiele sind ebenfalls hauptsächlich mit den zwei Hauptmikrofonen (Brüel & Kjær Type 4006, Kugelcharakteristik) aufgenommen, nur bei einigen im Gesamtklang unge-

Alle drei Konzertsäle weisen Rechteckform auf, und auch ihre Größe und die Nachhallzeiten sind ähnlich. Verglichen etwa mit Konzertsälen anderer Form (Fächerform, Hufeisenform usw.) ist auch der klangliche Raumeindruck ähnlich. Trotzdem dürfte es nicht schwer fallen, den typischen Klang jedes dieser drei Säle zu erkennen.

Die nachhallfreie Aufnahme eines vollen Orchesters, Realisierung des Raumklanges berühmter Konzertsäle mittels modernster digitaler Signalverarbeitung; was für einen Klang wird da Ihre Audio-Anlage in Ihrem Abhörraum hervorbringen?

IV: Die Zusammensetzung des Orchesters – Partiturlesen

Da bei einer Aufnahme ohne Nachhall der Klang der einzelnen Instrumente sich nicht vermischt und kein Instrument durch ein anderes verdeckt wird, ist die Zusammensetzung des Orchesters ungewöhnlich klar zu hören und gut zu erfassen.

Verfolgen Sie anhand eines Ausschnitts einer Sinfonie von Brahms, wie die Zahl der spielenden Instrumentengruppen nach und nach zunimmt und sich allmählich das volle Orchester

aufbaut. Versuchen Sie dabei, in der Partitur mitzulesen (Partiturausschnitt S. 36 – 37).

Zuerst hören Sie einmal ① das ganze Orchester (26), dann nur die Pauken (27), wonach als Gruppe ② die Blechbläser hinzutreten (28), als Gruppe ③ die Holzbläser (29) Die Gruppen vermehren sich nach und nach, bis das Orchester in Track 34 wieder im Tutti zu hören ist.

V: Unterschiedliche Aufnahmeverfahren

Die große Zahl der Aufnahmeverfahren, die gegenwärtig angewandt werden, kann man grob in drei Gruppen einteilen:

1. Aufnahmen nur mit zwei Hauptmikrofonen.
2. Haupt- und Stützmikrofontechnik: Dem Signal der zwei Hauptmikrofone

21

VI: Testsignale für Messungen

In diesem letzten Teil sind verschiedene Signale aufgezeichnet, die für akustische und elektroakustische Messungen notwendig sind. Die Tracks 48 bis 53 enthalten sehr hohe Pegel, regeln Sie bitte zum Schutz Ihrer Lautsprecher vor der Wiedergabe die Lautstärke zurück.

Die Meßsignale sind ohne Emphasis aufgezeichnet.

45 1001 Hz Sinuston

1001 Hz, -15 dB, zuerst im linken, dann im rechten Kanal aufgezeichnet. Versichern Sie sich, ob die Kanäle richtig angeschlossen sind.

46 1001 Hz Sinuston

Beide Kanäle. Regeln Sie auf normale Lautstärke ein.

47 5 Hz 22,05 kHz Wobbel signal

Nach dem Pilotton von 1 kHz folgt ein von 5 Hz bis 22,05 kHz gewobbeltes Signal für Frequenzgangmessungen (C)-2).

48 49 1001 Hz Burst signal

Burstsignal nach ElJ, ElAJ, zur Messung des Einschwingverhaltens.

50 51 Impuls signale I, II

Zur Messung des Übertragungsverhal-

tens mit der Fast Fourier-Transformation (FFT) wurden hier zwei verschiedene Impuls signale aufgezeichnet. Um mit Hilfe der Synchronaddition den Einfluß von Störgeräuschen in der Umgebung des Meßobjektes zu reduzieren und dadurch eine Messung mit besserem Geräuschspannungsabstand zu ermöglichen, sind die Impulse in von einem Zufallsgenerator gesteuerten unterschiedlichen zeitlichen Abständen aufgezeichnet. Diese Abstände sind einmal für Lautsprechermessungen usw. kurz (I), und einmal für raumakustische Messungen länger (II) gewählt.

52 Pulsisches Signal

Ein Signal von 40 ms Dauer mit einem in etwa ebenen spektralen Verlauf ist in Abständen von 7 s ± 20% 4 Mal aufgezeichnet. Es dient zur Messung der Schallausbreitung und des Nachhalls in Konzertsälen und Abhörräumen (O - 3).

53 bis 64 enthalten alle erforderlichen Arten von Rauschsignalen.

53 Weißes Rauschen

Ein M-sequence-Rauschsignal, des-

werden Signale von Stützmikrofonen hinzugemischt, die bei den im Klangbild nicht genügend präsenten Instrumenten(gruppen) aufgestellt werden. 3. Multimikrofonie: Jeder Instrumentengruppe oder jedem Instrument wird ein Mikrofon zugeordnet. Die Signale aller Mikrofone werden dann auf zwei Kanäle abgemischt.

Mit nur zwei Hauptmikrofonen wird in erster Linie klassische Musik kleiner Besetzung aufgenommen. Man unterscheidet hier weiter zwischen Laufzeitstereofonie (AB-Verfahren) und Intensitätsstereofonie (XY- oder MS-Verfahren) sowie einer Mischung dieser beiden (ORTF-Verfahren), Tab. (B)-3.

Die Haupt- und Stützmikrofontechnik findet v.a. bei klassischer Musik mit großer Besetzung Anwendung. Die Multimikrofonie wird bei Popmusik allgemein angewendet, daneben aber auch bei klassischer Musik großer Besetzung.

Bei der Haupt- und Stützmikrofontechnik wird bei der Abmischung der Pegel der einzelnen Stützmikrofone untereinander und bezogen auf das Hauptmikrofon abgestimmt. Da die Stützmikrofone aber wesentlich näher

am jeweiligen Instrument stehen, kommen deren Signalanteile im Gesamtklangbild eine Spur früher als die Signale derselben Instrumente, welche die Hauptmikrofone liefern. Bei einem speziellen Verfahren wird genau dieser Zeitversatz, der von der Entfernung zwischen Stütz- und Hauptmikrofon abhängt, kompensiert indem die Signale der Stützmikrofon um einen entsprechenden Betrag zeitverzögert werden (time coherent mixing; siehe Lit. 2).

Damit Sie sich von den unterschiedlichen klanglichen Eigenschaften der Aufnahmeverfahren und von dem Effekt der Zeitverzögerung überzeugen können, werden in diesem Teil der CD zwei Ausschnitte aus Werken von Mozart und Bruckner jeweils in fünf verschiedenen Aufnahmeverfahren dargeboten: Laufzeitstereofonie (AB), Intensitäts-/Laufzeitstereofonie (ORTF), Haupt- und Stützmikrofontechnik mit Zeitkorrektur, Multimikrofonie einmal ohne und einmal mit Zeitkorrektur.

Mit Hilfe der Aufnahmen aus dem reflektionsarmen Raum werden hier Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren aus einer ganz neuen Sicht erhellt.

22

23

sen Energie pro 1 Hz Bandbreite unab- hängig von der Frequenz ist.

54 bis 55 Terz-/Oktavbandrauschen

Die Terz- und Oktavbänder enthalten jeweils die gleiche Energie. Die Terzbänder sind im linken Kanal (C-4),

die Oktavbänder gleichzeitig im rechten Kanal (C-5) aufgezeichnet.

56 Rosa Rauschen

Ein Rauschsignal, dessen Energieanteil pro 1 Hz Bandbreite umgekehrt proportional zur Frequenz ist.

multipiste à deux pistes a été effectuée à l'aide de la technologie la plus moderne (voir Référence 2).

L'appareillage de contrôle comprenait un appareil à apport de réverbération pour fournir un son avec réverbération rapportée au chef et aux musiciens. En effet, en raison de l'absence de réverbération dans des enregistrements réalisés en chambre sourde, les silences exécutés pendant une œuvre (Fermata) ont tendance à être plus courts qu'ils ne le sont en général et l'effet de suspension du son est supprimé comme on peut s'en rendre compte à l'écoute de l'enregistrement après addition de la réverbération. Pour résoudre ce problème, le son était contrôlé avec addition d'une réverbération de 2 secondes. Cet enregistrement peut donc désormais être joué dans une salle ou ailleurs et restituer l'impression d'une relation entre le son et le silence.

Les pièces rassemblées sur ce disque sont des œuvres connues souvent jouées dans les concerts, choisies pour leurs diverses combinaisons instrumentales et représentatives de l'histoire de la musique en Occident.

Ce disque contient des plages de musique enregistrées en chambre sourde, divers courts exemples pour évaluation, des exemples mettant en évidence les différentes qualités sonores résultant des diverses méthodes de captage du son et, enfin, une série de signaux de mesure de l'acoustique et du matériel audio réalisés en collaboration avec les laboratoires d'acoustique de l'université de Waseda. Ce CD vous permettra donc de procéder à l'évaluation et à la mesure de la qualité du son.

Tous les micros utilisés ici ayant été calibrés, il est possible de se rendre compte de la pression acoustique de l'orchestre à l'emplacement des microphones.

De plus amples détails sont donnés en Deuxième Partie mais disons simplement que le niveau d'écrétage de ce CD est équivalent à 112 dB SPL, montrant donc que la pression acoustique de l'orchestre est étonnamment faible et révélant l'énorme importance de l'effet joué par la salle de concert elle-même.

Le contenu de ce CD est divisé en six parties.

chestrales célèbres.

Ces exemples ont été préparés de manière à permettre une évaluation rapide et efficace des salles de concerts, des conditions sonores environnantes et de l'équipement audio. Son emploi, conjointement avec la Première Partie, est conseillé pour ceux qui doivent procéder à des évaluations multiples et soignées.

Comme pour la Première Partie, les enregistrements ont été réalisés avec les microphones principaux (deux micros non-directionnels B&K type 4006) placés immédiatement au-dessus du chef d'orchestre. Des microphones auxiliaires ont été utilisés pour des instruments comme les cors dont

le son est trop faible. Le mixage a été réalisé de telle manière que le retard correspondant à la distance aux microphones principaux soit ajouté aux signaux fournis par les microphones auxiliaires.

La musique enregistrée ici à l'aide de microphones non-directionnels a un niveau d'écrétage de 112 dB SPL, ce qui signifie que la valeur efficace (14 dB au-dessous du niveau d'écrétage du CD) pour le bruit rose enregistré en Sixième Partie, Piste 56, est équivalente à 98 dB SPL.

Les auditeurs qui s'intéressent aux niveaux de reproduction doivent déterminer ces niveaux à l'aide d'un décibelmètre et les noter.

III: Exemples de son en salles de concert avec apport de réverbération

Dans cette partie nous avons ajouté l'écho (réverbération) de trois des plus célèbres salles de concert du monde, la Musikvereinsal de Vienne, le Concertgebouw d'Amsterdam et le Boston Symphony Hall, aux enregistrements réalisés en chambre sourde de manière à pouvoir procéder à une comparaison qualitative des salles de concert. En

d'autres termes, ce CD restitue exactement le son que l'on obtiendrait si ces enregistrements effectués en chambre sourde étaient introduits dans ces trois salles.

L'apport de réverbération est calculé par un programme complexe d'ordinateur auquel on a fourni les diverses données acoustiques extraites des

La qualité acoustique d'une salle de concert ou d'une église est un élément indispensable au plaisir de la musique car ce qui capte les oreilles de l'auditeur, c'est la combinaison de deux éléments inséparables, le son produit par les instruments proprement dit et la résonance de la salle.

Si cette résonance est supprimée de la musique, quel son obtiendrait-on? Un enregistrement réalisé sans réverbération permettrait certainement d'évaluer avec précision la coloration tonale d'une salle de concert, d'une salle d'écoute et d'un appareil audio du type à apport de réverbération.

Les enregistrements 'sourds' sont en général réalisés dans des pièces sans réverbération ou à l'extérieur. Le présent enregistrement a dû être réalisé dans un espace de grandes dimensions au sol où tout bruit extérieur était interdit, nous obligeant à créer une chambre sourde provisoire à l'aide d'une grande quantité de matériau isolant sur la scène de la grande salle du Centre Municipal Minoo d'Osaka. Comme le montre la photographie A-1, la scène a été entièrement recouverte de matériau à l'exception des es-

paces nécessaires à l'installation des instruments qui doivent reposer sur le sol comme les violoncelles.

Le Tableau B-1 est un tableau comparatif des résultats de mesure de la déviation caractéristique de l'inverse du carré dans la salle sourde provisoire et des valeurs conseillées par la norme internationale ISO3745 pour les salles semi-sourdes. Les mesures satisfont aux valeurs conseillées par la norme. (Voir Référence 1)

Comme le montre le Tableau B-2, le matériel utilisé pour réaliser cet enregistrement comprend un total de 29 microphones hautement performants de marque B&K et Schoeps, spécialement choisis et réglés pour la circonstance, un préamplificateur de haute précision à 32 canaux développé et fabriqué spécialement pour cet enregistrement par Denon/Nippon Columbia, Mitsubishi X-850, un magnétophone multipiste 32 canaux numérique (photographie A-2) et un grand nombre d'appareils de contrôle. Pour réaliser ce CD, les canaux concernés ont été sélectionnés du matériau enregistré sur la bande numérique 32 canaux et la réduction numérique du

I: L'enregistrement en chambre sourde

Cette première partie est constituée d'enregistrements en chambre sourde de différentes œuvres orchestrales représentatives des diverses périodes de l'histoire de la musique occidentale, de la période classique à la période moderne.

Les recherches entreprises sur la durée optimale de la réverbération dans les œuvres orchestrales (voir Référence 3) ont montré, par exemple, que cette durée varie d'une œuvre à l'autre, courte pour les œuvres classiques, pré-classiques et modernes, longue pour les œuvres de la période romantique. En d'autres termes, des salles de concerts, des appareils d'écho, et des équipements audio comme DSP (Digital delay surround processors), réglés pour le rendu sonore idéal d'une œuvre particulière ne le sont plus pour une autre œuvre.

L'écoute des divers enregistrements

réalisés sur ce CD dans une salle de concert ou dans un espace ordinaire, qu'il s'agisse d'un gymnase ou d'une pièce dans un appartement, devrait vous permettre d'en estimer immédiatement les diverses caractéristiques et les moyens de les améliorer.

Bien que les enregistrements en chambre sourde ne soient pas destinés à l'écoute au casque ou dans des pièces à faible réverbération, la clarté de chacune des pièces est presque excessive. Ce matériau est donc un instrument idéal pour la lecture de partitions ou pour une analyse du contenu musical.

La Figure C-1 donne l'emplacement des instruments et des micros, cette partie ayant été enregistrée avec les deux micros principaux placés immédiatement au-dessus du chef d'orchestre.

II: Exemples d'enregistrements en chambre sourde pour évaluation

Cette partie comprend des exem-

ples courts et typiques d'œuvres or-

plans d'un lieu donné.

Les salles de concerts utilisées ici sont des espaces rectangulaires du type "boîte à chaussures" et sont très voisines en termes de dimensions et de durée d'écho. Comparées aux salles en éventail, en fer à cheval ou en amphithéâtre, leurs caractéristiques acoustiques sont similaires. Toutefois, il ne devrait pas être trop difficile de différencier l'acoustique de ces trois salles.

La technologie du traitement numérique des signaux acoustiques nous offre la chance unique de pouvoir entendre des enregistrements d'œuvres orchestrales réalisés en chambre sourde avec en plus l'acoustique de salles de concert célèbres.

IV: Combinaisons d'instruments et lecture de partitions

L'absence d'écho dans cet enregistrement fait que les instruments sont entendus avec une clarté extraordinaire. De même, comme les sons individuels ne se mélangent pas, la combinaison musicale de ces instruments est beaucoup plus nette.

Voyons, par exemple un passage d'une symphonie de Brahms (partition en pages 36 et 37). Ecoutez la manière dont les sons se combinent au fur et à mesure que les instruments se joignent à l'orchestre.

La musique est tout d'abord jouée par tout l'orchestre (26). Ensuite, un groupe instrumental ① nous permet d'entendre les timbales uniquement (27).

Un deuxième groupe instrumental ② les cuivres, est alors ajouté (28), suivi par un troisième ③, les vents (29). La combinaison des instruments augmente ainsi peu à peu jusqu'à ce que l'orchestre tout entier joue à nouveau (34).

V: Différence du son selon la méthode de captage du son

Il existe de nombreuses méthodes différentes pour capter le son à l'aide de microphones. Ces méthodes peuvent fondamentalement être réparties en trois catégories:

La première méthode dite "un point" utilise deux microphones ou un seul microphone stéréo. La deuxième dite "un point plus micro auxiliaire" demande l'emploi de micros auxiliaires disposés à proximité des instruments dont le son est trop faible pour la méthode "un point". La troisième méthode dite "multi-microphone" utilise un micro par partie ou par instrument, avec post-mixage en studio.

La méthode "un point" est surtout utilisée pour la musique classique, en particulier la musique de chambre et les petits ensembles. Comme le montre le Tableau ③-3, cette méthode se subdivise en deux: une première méthode dans laquelle la localisation du son est obtenue en se basant uniquement sur la différence soit du temps soit du niveau, et une deuxième méthode dans laquelle la localisation est obtenue par la combinaison de ces deux diffé-

rences.

La méthode "un point plus micro auxiliaire" est essentiellement utilisée pour les enregistrements d'œuvres de musique classique jouées par de grands ensembles.

La méthode "multi-microphone" est surtout utilisée pour les enregistrements de musique populaire et parfois de grands orchestres de musique classique.

Ces deux dernières méthodes demandent une opération de post-mixage en studio. Le mixage peut se faire de deux façons différentes: ou par simple réglage du niveau sonore entre les instruments ou par la méthode dite "mixage en temps cohérent" (voir Référence 2), par compensation du temps retard des micros auxiliaires placés à proximité des instruments.

Pour montrer les différences de qualité acoustique du son selon la méthode et pour montrer l'effet de la compensation du retard, nous avons préparé cinq exemples de musique de Mozart et de Bruckner enregistrés en "un point (méthode à différence de temps-A/B)",

"un point (A/B) avec micro auxiliaire (et compensation du retard)", "un point (méthode à différence de niveau-ORTF)", "multi-microphone (sans compensation du retard)" et "multi-microphone (avec compensation du retard)".

Grâce aux effets obtenus par l'enregistrement en chambre sourde, ces exemples devraient montrer, comme cela n'a encore jamais pu être fait, les avantages et les inconvénients de chacune de ces méthodes d'enregistrement.

VI: Programme de signaux d'essai pour la mesure de l'acoustique

Cette partie contient divers signaux de mesure de l'acoustique et des équipements audio.

Les plages ④8 à ⑤3 contiennent des signaux de haut niveau et nous vous conseillons de baisser le volume à l'avance pour protéger votre amplificateur et vos haut-parleurs.

④5 Onde sinusoïdale 1001 Hz

Une onde sinusoïdale de 1001 Hz, -15 dB, a été enregistrée sur le canal gauche puis sur le canal droit pour vous permettre de vérifier les connexions amplificateur/haut-parleurs.

④6 Onde sinusoïdale 1001 Hz

Une onde sinusoïdale de 1001 Hz, -15 dB, a été enregistrée sur les deux canaux et peut être utilisée comme niveau de référence pour le contrôle de niveau d'un système audio.

④7 Balayage 1 kHz, 5 Hz-22,05 kHz

Après le premier signal pilote de 1 kHz, un balayage logarithmique de fréquence (④-2) de 5 Hz à 22,05 kHz a été enregistré pour permettre la mesure des caractéristiques de fréquence d'un système audio.

④8 ④9 Salve de tonalité 1001 Hz

Ces plages contiennent des ondes de salve de tonalité conformes aux normes EIJ et EIJA qui permettent de mesurer les caractéristiques transitoires d'un système audio.

④0 ④1 Impulsions I, II

Deux types d'impulsions ont été enregistrés pour permettre la mesure des caractéristiques de transmission par la transformation rapide de Fourier (FFT). Les effets des parasites sont réduits par une addition synchrone, un cycle

aléatoire déterminé par un générateur de nombre aléatoire permettant une mesure précise du rapport signal/bruit, la mesure électro-acoustique pouvant être réalisée grâce à un cycle court (④0) et la mesure des salles d'écoute grâce à un cycle long (④1).

④2 Signal d'impulsion

Un signal de 40 ms avec un spectre pratiquement plat (④-3) a été enregistré quatre fois à intervalle de 7 secondes ±20% pour permettre la mesure des caractéristiques de transmission et de configuration de la durée de l'écho dans une salle de concert ou une pièce.

Les plages ④3 à ④4 contiennent différents types de bruits qui peuvent être utilisés comme sources de signal pour la mesure des caractéristiques de transmission et de réverbération des

salles de concert et des pièces.

④3 Bruit blanc

Cette plage contient l'enregistrement d'un bruit (bruit blanc) uniformément distribué dans la succession M et caractérisé par la constance, quelle que soit la fréquence, de l'énergie contenue dans la zone de fréquence 1 Hz.

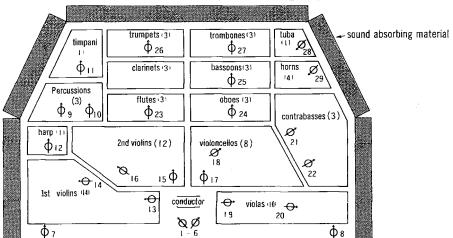
④4-④5 Bruit de bande (1/3 d'octave, octave)

Les bruits de bande à 1/3 d'octave (④-4) et à l'octave (④-5), dans lesquels l'énergie est la même dans chaque bande, sont respectivement enregistrés sur les canaux gauche et droit.

④6 Bruit rose

Cette plage contient un bruit rose qui se caractérise par l'énergie contenue dans la zone de fréquence 1 Hz inversement proportionnelle à la fréquence.

④-1: The Anechoic Room and Microphone Settings (approximate)



Figures in brackets indicate the number of instruments

φ: microphone, numerals indicate the recording channel number

④-2: Correspondence between Recording Channels and Microphones

Recording channel No.	Recording method and recorded instruments	Microphones	Recording channel No.	Recording method and recorded instruments	Microphones
1	Omni-directional single-point OSS method Lch	B&K Type#4003	17	vocables 1	Schoeps CMC-54U
2	Omni-directional single-point OSS method Rch	B&K Type#4003	18	vocables 2	Schoeps CMC-54U
3	Uni-directional single-point ORTF method Lch	Schoeps CMC-54U	19	voces 1	Schoeps CMC-54U
4	Uni-directional single-point ORTF method Rch	Schoeps CMC-54U	20	voces 2	Schoeps CMC-54U
5	Omni-directional single-point AB method Lch	B&K Type#4005	21	contrabasses 1	Schoeps CMC-54U
6	Omni-directional single-point AB method Rch	B&K Type#4005	22	contrabasses 2	Schoeps CMC-54U
7	Omni-directional off-mike sound recording Lch	B&K Type#4005	23	flutes, clarinets	Schoeps CMC-54U
8	Omni-directional off-mike sound recording Rch	B&K Type#4005	24	oboes	Schoeps CMC-54U
9	Percussion 1	AKG C-451E	25	bassoons	Schoeps CMC-54U
10	Percussion 2	AKG C-451E	26	trumpets	Shure SM-51
11	Percussion 3(timpani)	AKG C-451E	27	trombones	Shure SM-51
12	harp	AKG C-451E	28	tuba	Shure SM-51
13	1st violin 1	Schoeps CMC-54U	29	horns	Shure SM-51
14	1st violin 2	Schoeps CMC-54U	30	Reserve	Shure SM-51
15	2nd violin 1	Schoeps CMC-54U	31	Reserve	Credit
16	2nd violin 2	Schoeps CMC-54U	32		

Amsterdam Concertgebouw (built in 1887)



Capacity { 18,700m²

2,200 persons

Reverberation time: 2.1seconds

Wien Msikvereinssaal (built in 1870)

Capacity { 15,000m²

1,700 persons

Reverberation time: 2.1seconds

Capacity { 18,700m²

2,600 persons

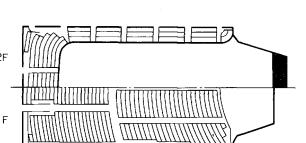
Reverberation time: 1.8seconds

Boston Symphony Hall (built in 1900)

Capacity { 18,700m²

2,600 persons

Reverberation time: 1.8seconds



(Allegro non troppo)

390

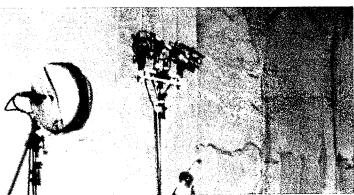
36

37

Ⓐ-3: Single-point Recording Methods

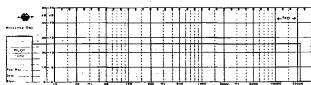
Level difference methods	XY method: Single-point recording use 2 uni-directional microphones MS method: Single-point recording based on the sum difference method
Time difference method	A/B method: Single-point recording use 2 omni-directional microphones
Composite methods	ORTF method: Method developed by the ORTF (French National Broadcasting Company) employing 2 uni-directional microphones Separated by 170 mm and at an angle of 110°. OSS method: Abbreviation of "optimum stereo sound", and uses 2 omni-directional microphones and Jecklin Scheibe. Dummy head method

Ⓐ-3: Microphones Set Above the Conductor's Head (recording channels 1-6)

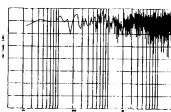


38

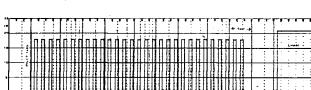
Ⓒ-2: Frequency Sweep 5Hz~22.05kHz



Ⓒ-3: Frequency Spectrum of Pulsive Waves



Ⓒ-4: Lch, 1/3 Oct. Band Noise



Ⓒ-5: Rch, 1/3 Oct. Band Noise



References/Literatur/Références

- 1) T. HidaKa et al."Recording of Anechoic Orchestral Music and Measurement of Its Physical Characteristics Based on Auto-correlation Function " Acustica, Vol.57 (1988)
- 2) T. Anazawa, et al."DIGITAL TIME-COHERENT RECORDING TECHNIQUE", 83rd AES Conv. No. 2493 (H-2), (1987, October, New York)
- 3) W. Kuhl "Über Versuche zur Ermittlung der günstigsten Nachhallzeit großer Musikstudios" Acustica Vol.4 p618-634 (1954)

Literaturverzeichnis

- [1] *Allgemeine Musikalische Zeitung*. Leipzig. Leipzig, 15.10.1800:49
- [2] Norm 1977. *ISO 3745 - Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms*
- [3] Norm 2004-05. *DIN 18041:2004-05 - Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen*
- [4] *Vorabdruck aus dem Beethoven Handbuch - Die Sinfonie als Ansprache an ein Massenpublikum - Konzertformate, Publikum und sinfonische Aufführungspraxis der Beethovenzeit*. 2011
- [5] *User's Manual CATT-AcousticTMv9.1e : 1 – TU CTTMv2.0e : 1. 2019*
- [6] *User's Manual CATT-AcousticTMv9.1e : 2 – CATT – Av9.1e : 2. 2019*
- [7] BEETHOVEN, L. v.: *Konversationsheft VI:168*. Wien,
- [8] BEETHOVEN, L. v.: *Konversationsheft VI:227*. Wien,
- [9] BERANEK, L. : *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*. Springer New York, 2003. – ISBN 9780387955247
- [10] BERANEK, L. L.: *Concert and Opera Halls - How They Sound*. Published for the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics, 1996. – ISBN 978-1-563-96530-2
- [11] BERLIOZ, H. : *Sur l'état actuel de l'art du chant dans les théâtres lyriques de France et d'Italie, et sur les causes qui l'ont amené*, in: *À travers chants: Études musicales, adorations, boutades et critiques*, S.116f. Paris, 1862
- [12] BRAXTON, B. : Acoustic simulation of J.S. Bach's Thomaskirche in 1723 and 1539. (2021)
- [13] DENON: *Anechoic Orchestral Music Recording*. 1988
- [14] GRABER, G. ; WESELAK, W. : *Raumakustik*. 2016. – Scriptum zur Raumakustik VO an der TU Graz, LV-Nr.: 441.150
- [15] KOJIMA, S. A.: *Die Uraufführung der Neunten Symphonie Beethovens - einige neue Tatsachen*, S.394f
- [16] LICHTENHAHN, E. : *Hector Berlioz, Sur l'état actuel de l'Art du chant dans les théâtres lyriques de France et d'Italie, et sur les causes qui l'ont amené*, in: *À travers chants: Études musicales, adorations, boutades et critiques*. Paris 1862, S.89–104, hier S.90f.; deutsche Übersetzung nach Ernst Lichtenhahn, *Musik und Raum. Gesellschaftliche und ästhetische Perspektiven zur Situation um 1800*. Mainz, 1989
- [17] MEYER, J. : *Raumakustik und Orchesterklang in den Konzertsälen Joseph Haydns*
- [18] Norm ÖNORM EN ISO 3382-1:2009 September 2009. *Akustik - Messung von raumakustischen Parametern - Teil 1: Aufführungsräume*
- [19] ORCHESTER WIENER AKADEMIE, M. H.: *Resound Beethoven Vol.5 Symphony 9*. 2015
- [20] POSTMA, B. : *Acoustics of Notre-Dame cathedral de Paris*, 2016
- [21] QUANTZ, J. J.: *Versuch einer Anweisung die Flöte traversière zu spielen*, S.280. 1752

- [22] T.J.Cox, e. a.: *The Sensitivity of Listeners to Early Sound Field Changes in Auditoria.* 1994
- [23] WEINZIERL, S. : *Beethovens Konzerträume - Raumakustik und symphonische Aufführungspraxis an der Schwelle zum modernen Konzertwesen.* Bergkirchen : PPVMedien, 2002. – ISBN 978-3-923-63942-7

Abbildungsverzeichnis

2.1 Raumvolumen und Nachhallzeiten	13
3.1 Partiturauszug: Neunte Sinfonie, 4.Satz, Takt 1-7	16
3.2 Orchester- und Mikrofonplatzierung der <i>Anechoic Recordings</i>	17
3.3 Cover: Anechoic Orchestral Music Recording	19
4.1 Plan der Berliner Philharmonie	22
4.2 Saalplan der Berliner Philharmonie: www.konzertdirektion-hohenfels.de/saalplan	23
4.3 Kärntnertortheater	24
4.4 Kärntnertortheater - Modell (1)	25
4.5 Kärntnertortheater - Modell (2)	25
4.6 Maskenball im Redoutensaal	26
4.7 Großer Redoutensaal - Modell (1)	28
4.8 Großer Redoutensaal - Modell (2)	28
6.1 Raumakustische Parameter der beiden Säle bei Aufführung der 9.Sinfonie	34
6.2 Cover: Resound Beethoven	35
A.1 Impulsantwort eines Raumes und seine grundlegenden Bereiche	III

Tabellenverzeichnis

2.1 Aufführungen und Aufführungsräume Beethoven'scher Orchesterwerke in Wien zwischen 1795 und 1827	12
2.2 Aufführungen und Aufführungsräume von Beethovens Sinfonien in Wien zwischen 1795 und 1827	12
3.1 Orchesterbesetzungen - Vergleich: 7.5/23.5 1824 und <i>Anechoic Recordings 1988</i> .	18
4.1 Abmessungen des Kärntnertortheaters	24
5.1 Subjektive Unterschiedsschwellen raumakustischer Parameter	31
6.1 Gegenüberstellung der Nachhallzeiten	33