

BEUTH

DAS MAGAZIN

1/2018



Zukunft studieren

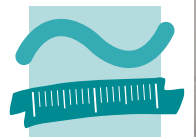
Elektromobilität und Humanoide Robotik

Kunst schützen

Akustische Konzepte
für den Orchestergraben

Green Cooling

Grüne Dächer
kühlen Gebäude



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN
University of Applied Sciences

Geschichten aus dem Orchestergraben

Wissenschaftler der Beuth Hochschule und der HTW Berlin forschen zu neuen akustischen Konzepten für die Deutsche Oper Berlin – um Musiker/-innen und die Kunst zu schützen

TEXT: DAGMAR TRÜPSCHUCH

Wenn an der Deutschen Oper am Abend der letzte Vorhang gefallen ist, haben Dr. Anton Schlesinger und Jan Michael Kimmich ihren Auftritt. Die Ingenieure führen im Rahmen des Forschungsprojekts „SIMOPERA – Simulation und Optimierung raumakustischer Felder am Beispiel der Deutschen Oper Berlin“ Messungen im größten Opernhaus der Stadt durch – oft nachts zwischen 23 und 4 Uhr.

Das Forschungsprojekt SIMOPERA unter Leitung von Prof. Dr. Martin Ochmann von der Beuth Hochschule ist eines von 65 Projekten des Instituts für Angewandte Forschung e. V. (IFAF) Berlin, unter dessen Dach vier staatliche Berliner Hochschulen kooperieren, um gemeinsam den Wissens- und Technologietransfer in die Praxis zu fördern. Dazu arbeiten sie je nach Projekt mit Akteuren aus Wirtschaft und Gesellschaft zusammen. Das Forschungsprojekt SIMOPERA mit dem Ziel, Musiker/-innen im Orchestergraben vor gehörschädigender Lautstärke zu schützen, ohne dabei das Hörvergnügen zu schmälern, führt die Beuth Hochschule gemeinsam mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW) und dem Akustikberater WAX GmbH durch.

Akustische Felder optimieren

„Unser Ziel ist es, eine Methode für die Optimierung von komplexen akustischen Feldern zu entwickeln, wie man sie in Opernhäusern, europäischen Theatern und Konzerthäusern findet“, sagt Dr. Anton Schlesinger, Ingenieur für Hörakustik an der Beuth Hochschule, der gemeinsam mit seinem Kollegen Jan Michael Kimmich von der HTW Messungen durchführt und auswertet. „Starke Schallpegel im Orchestergraben seien ein verbreitetes Problem,

das etwa zwei Drittel aller Orchestergräben weltweit hätten“, sagt er. Grund sei, dass die Orchester seit der Gründung der ersten Opernhäuser immer größer geworden sind. „Dadurch sitzen die Musiker/-innen beengt, das erzeugt einen hohen Schallpegel.“ „Die Lautstärke im Orchestergraben empfinde ich teilweise als unerträglich“, bestätigt Lothar Weiche, der seit 25 Jahren Bratsche im Orchester der Deutschen Oper spielt.

Konfliktpotenzial Schallpegel

Sein Platz ist vor den Blechbläsern, dem Schlagzeug und der großen Trommel. In intensiven Momenten sei die Lautstärke vergleichbar mit der eines startenden Düsenjets. Eine besondere Herausforderung sei für ihn zum Beispiel das Ballett „Schwanensee“ von Tschairowsky. Fast drei Stunden lang würden Bläser, Pauken und Trommeln die Streicher ergänzen. „Die können ja schließlich nicht einfach leiser spielen“, sagt er in Hinblick auf seine Sitznachbarn. Auch eine Wagner-Oper kann es kurzzeitig auf bis zu 120 Dezibel bringen und Puccinis Turandot auf über 90 Dezibel. „Eine Optimierung der Raumakustik ist notwendig, da die hohen Schalldruckpegel im Orchestergraben sich nachteilig auf die Kommunikation des Orchesters und auf die Gesundheit der Musiker auswirken können“, sagt Martin Ochmann.

Durch die hohen Schallpegel kann das Orchester in Konflikt mit dem Arbeitsschutz kommen. Hier sieht die EU-Richtlinie vor, dass die durchschnittliche Belastung für Arbeitnehmende maximal zwischen 80 bzw. 85 dB(A) am Tag liegen darf (für Musiker gelten die Werte bezogen auf eine Woche). Der durchschnittliche Lärmpegel eines Musikers summiert sich durch Proben und Konzerte jedoch wöchentlich auf

durchschnittlich 85 bis 95 Dezibel. Diese Sorge trieb Philippa Allan, Leiterin des Orchesterbüros der Deutschen Oper, an, sich mit der Bitte um Hilfe an die Beuth Hochschule zu wenden. Für eine Handlungsempfehlung sei das Thema zu komplex, entschied Martin Ochmann und beantragte eine Forschungsförderung beim IFAF. Er bekam 2017 die Förderung für zwei Jahre genehmigt und holte als Projektpartner Prof. Dr.-Ing. Stefan Frank von der HTW und die Wax GmbH an Bord. Gemeinsam mit der Deutschen Oper wollen sie die Herausforderung meistern, bessere Arbeitsbedingungen für die Musiker/-innen zu schaffen, ohne dass das Klangerlebnis für den Zuschauer beeinträchtigt wird.

„Hoher Lärmpegel schadet der Gesundheit“

PROF. DR. MARTIN OCHMANN
FACHBEREICH II

Angesiedelt ist das Forschungsprojekt am Fachbereich II – Mathematik – Physik – Chemie der Beuth Hochschule in der Projektgruppe Computational Acoustics, die sich primär mit numerischen Simulationen wellentheoretischer Phänomene in der Akustik und Strukturmechanik beschäftigt. „Wir können hier auf Forschungsergebnisse aus unseren anderen Projekten aufbauen“, sagt Martin Ochmann. In die Forschungs Kooperation bringt er mit seinem Team das Know-how im Bereich Simulation und numerische Berechnungen ein. „Mit erprobten Methoden können wir berechnen, wie sich Schallwellen im Raum ausbreiten.“ Die HTW mit ihrer Expertise im Bereich akustischer Analyse ist für die

Fotos: Martin Gasch, Leo Seidel



messtechnische Umsetzung verantwortlich. „Wir ergänzen uns hervorragend“, sagt Ochmann. „Experiment und Messungen liegen bei der HTW, bei uns wird die rechnerische Auswertung der Messungen in Simulationen umgesetzt.“ Mit der Wax GmbH haben die akademischen Partner einen Profi zur Seite, der viel Erfahrung mit akustischen Planungen für anspruchsvolle Räume hat und die Forschungsergebnisse in die Praxis umsetzen kann.

Unverfälschtes Klangerlebnis

Ausprobiert und angedacht wurde über die Jahre schon vieles, um den Schallpegel für die Musiker/-innen zu reduzieren. Zum Beispiel hängte das Ensemble der Deutschen Oper Wandvorhänge in den Orchestergraben – mit dem Ergebnis, dass die hohen Frequenzen geschluckt wurden, das Klangbild verfälschte sich. Auch längere Ruhephasen für die Musiker/-innen zwischen Konzerten und Probe könnten zu einer Entlastung führen. „Bei einer Vorstellung sind wir teilweise über vier Stunden im Orchestergraben. Der Arbeitstag endet somit sehr spät am Abend. Die oftmals darauf folgende Probe am nächsten Morgen stellt für uns eine starke Belastung dar“, sagt Lothar Weiche, der längere Erholungsphasen begrüßen würde. Vor einigen Jahren hat er sich entschlossen, nur noch mit Gehörschutz zu spielen. „Mir hilft das sehr“, sagt er. Für viele seien Ohrstöpsel jedoch problematisch, weil sie das Klangbild veränderten. Ein weiteres Beispiel bringt Anton Schlesinger ins Spiel: „Man könnte die Absorption im Orchestergraben durch Verwendung von porösen oder mechanisch

schwingenden Elementen – sogenannten Plattenschwingern – erhöhen, so dass die Schallenergie aus dem Orchestergraben entnommen wird.“ Aber auch das habe sich nicht als erfolgreich erwiesen. „Der Musiker möchte sich im Raum hören und den Raum als Resonanzkörper um sich spüren, er will ein Gefühl für die Raumakustik haben, denn mit ihr interagiert er stark“, erläutert er. An diesem Punkt setzen die Forscher an: „Wenn wir die wechselseitige Hörbarkeit durch die Ausrichtung der Reflexionsflächen unter den Musikern erhöhen, kann das zu einer Reduzierung des Schallpegels führen“, sagt er. „Das ist der Ansatz, den wir hier untersuchen möchten – das Lenken der frühen Reflexionen.“ Heißt: Der Schall breitet sich von den Instrumenten aus, trifft er auf eine Wand, gibt es eine Reflexion, die so gesteuert werden könnte, dass die Orchestermitglieder mit dem Schall des Instrumentes, den sie für ihr Spiel brauchen, günstig versorgt werden.

Simulationstool entwickelt

Um das Ziel zu erreichen, arbeiten die Forscher mit wissenschaftlichen Messmethoden, insbesondere mit der richtungsbezogenen Untersuchung der Raumakustik. Dafür haben sie einen Methodenmix aus wellenbasierten Verfahren (FEM/BEM) für tiefe Frequenzen und aus der Spiegelquellenmethode sowie dem Raytracing für höhere Frequenzen entwickelt. Dieses hybride Simulationstool soll das Schallfeld, die Raumimpulsantworten, die Nachhallzeit, die Struktur der Reflexionen und die Qualität des Raumklanges ermitteln. „Wir

arbeiten mit Reihenordnungen von Mikrofonen und nehmen eine räumliche Beprobung des Schallfeldes vor. Damit sind wir in der Lage, Aussagen zur Ausbreitung des Schalls im Raum zu geben“, erläutert Schlesinger. Gemessen haben sie bislang in verschiedenen Aufführungen – und nachts nach den Vorstellungen. Denn auch einen leeren Raum zu bewerten, gehört zur Methode, die Raumakustik zu bestimmen.

Danach wird auf Basis von CAD-Daten ein dreidimensionales virtuelles Gittermodell der Oper erstellt. Das Simulationstool berechnet nun die akustischen Felder in der virtuellen Oper. „Zudem können wir bereits am Computer testen, was passiert, wenn wir in den Konzertgraben beispielsweise Absorptionsmaterial einbringen“, erklärt Martin Ochmann. „Das können wir dann alles am Computer berechnen und hörbar machen, ohne den Raum tatsächlich umbauen zu müssen.“ Der Höhepunkt des Forschungsprojekts sei jedoch, das Opernmodell optisch und akustisch in die Beuth Cave zu bringen, ein virtueller Raum, in dem die Simulation erfahrbar gemacht wird. Dadurch kann eine frühzeitige Bewertung und Anpassung der Optimierungsmaßnahmen erfolgen. Das ist der letzte Schritt im Arbeitsprozess.

Lothar Weiche begrüßt das Engagement der Forscher. „Ich habe einen Beruf gewählt, den ich mit Leib und Seele mache“, sagt er. Und damit er ihn noch viele Jahre bei bester Gesundheit ausüben kann, hofft er auf bessere Schallschutzmaßnahmen im Graben.

i BEUTH CAVE – ORT DER ILLUSION

Anfang 2017 hat die virtuelle Realität Einzug in den Fachbereich VIII der Beuth Hochschule gehalten: Im Labor für Computereinsatz in der Produktion (CIP) wurde die Beuth Cave eingeweiht. Cave steht für **C**ave **A**utomatic **V**irtual **E**nvironment und ist ein Raum zur Projektion einer dreidimensionalen Illusionswelt. Die Cave wird zur Simulation von Prozessen genutzt.

Auch das Forschungsteam SIMOPERA kann die Cave nutzen – der Modellraum und das Opernmodell sollen in der Beuth Cave visualisiert, auralisiert und damit virtuell begehbar und erfahrbar gemacht werden. Über drei Bildschirme wird die Oper projiziert und über Lautsprecher und Kopfhörer Musik übertragen. „Man wird das Gefühl haben, in die Oper zu treten und Musik zu hören“, sagt Prof. Dr. Martin Ochmann.

Foto: Martin Gasch

Im Spannungsfeld zwischen Kunst und Wissenschaft

Prof. Dr. Martin Ochmann und Dr. Anton Schlesinger über den Spagat im Forschungsprojekt SIMOPERA und die Schwierigkeiten, allen Seiten gerecht zu werden

BEUTH: Was sind die Herausforderungen im Forschungsprojekt SIMOPERA?

PROF. DR. MARTIN OCHMANN: Die Erwartungen seitens des Orchesters und des Dirigenten sind schon sehr hoch. Wir wollen aber gleichzeitig Ziele erreichen, die sich widersprechen könnten. Denn es ist ein großer Spagat, den Schallpegel im Orchestergraben zu senken und die Akustik im Zuschauerraum gleichbleibend gut zu halten oder gar noch zu optimieren. Das ist nicht leicht zu machen, das muss man sehr vorsichtig gestalten. In diesem Projekt haben wir gewisse Zielkonflikte, sozusagen ein multidimensionales Optimierungsproblem.

DR. ANTON SCHLESINGER: Zudem ist nicht alles bis auf den letzten Punkt berechenbar. Unsere Motivation ist zwar, die Ziele der guten Akustik, der guten Balance zwischen Schauspielern und Orchester erhalten zu können bei gleichzeitiger Reduzierung des Schallpegels im Orchestergraben. Raumakustik bedeutet aber auch Gestaltung. Es gibt eine gewisse Kreativität, die von großen Häusern gewünscht ist und dafür sorgt, dass Raumakustik einen eigenen Beitrag leistet, der für die Spielstätte prägnant ist.

OCHMANN: Wir arbeiten in einem Übergangsbereich zwischen Technik, Wissenschaft und Ingenieurskunst, aber auch zwischen Musik und Kunst. Da lässt sich nicht alles bis auf die letzte Komponente berechnen. Und gerade Musiker haben ein sehr feines Empfinden für die Raumakustik. Untersuchungen legen nahe, dass sie schon 0,1 Sekunde Nachhallzeit auseinanderhalten können. Oder sie sagen, dieser Raum klingt besser, dieser schlechter. Aber ob diese Unterschiede berechenbar sind, ist eine große Frage. Man kann die Subjektivität nicht ganz aus der Musik rausnehmen. Man kann sie nicht zu 100 Prozent objektivieren.

Foto: Martin Gasch



Forschungsteam: Prof. Dr. Martin Ochmann (rechts) und Dr. Anton Schlesinger

Aber gerade das macht es reizvoll, in diesem Spannungsfeld zwischen Kunst und Wissenschaft zu arbeiten.

SCHLESINGER: Deswegen ist es auch so wichtig, dass wir eng mit den Musikerinnen und Musikern zusammenarbeiten. Wir haben einen Fragebogen erstellt, den wir im Ensemble verteilt haben. Wir wollen damit die individuelle Situation und Sichtweise auf die Probleme herausfinden, eine Blickrichtung, die man als Techniker nicht hat. Der Fragebogen muss noch ausgewertet werden, er ist die Grundlage, um Optimierungsmaßnahmen zu entwickeln.

Was hat Sie positiv überrascht?

SCHLESINGER: Ich bin zwar schon längere Zeit Raumakustiker, habe aber noch nie in so einem großen Raum gearbeitet. Was mich wirklich überrascht, ist die gute Akustik, dass der Raum die Stimme trägt und dass jeder Platz eines fast 2000 Menschen füllenden Raumes gut versorgt wird. Auch der Umfang im normalen Betrieb eines Opernhauses hat mich überrascht. Als Besucher/-in einer Oper ahnt man nicht, welches Universum sich hinter der Bühne aufbaut: Truppen unterschiedlicher Gewerke ziehen ihre Bahnen und arbeiten routiniert und auf den Punkt am Gelingen einer jeden Aufführung.

Können Sie jetzt noch eine Oper genießen, ohne an die Probleme im Orchestergraben zu denken?

OCHMANN: Das Projekt bringt mir die Oper noch näher. Allein dadurch, dass ich mir nun gut vorstellen kann, wie es im Orchestergraben tatsächlich aussieht, zwischen lauten und nicht so lauten Passagen. Ich achte jetzt noch mehr darauf, wie die Bilanz zwischen Sängerinnen und Sängern und Orchester ist. Ich bin mehr involviert und freue mich auf meinen nächsten privaten Opernbesuch.

Zu den Personen

Prof. Dr. Martin Ochmann ist Professor für Mathematik in den Bereichen Dynamik, FEM und Akustik an der Beuth Hochschule und Leiter der Projektgruppe Computational Acoustics, die er 2001 gründete. Er promovierte und habilitierte in Akustik und war Präsident der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA). Seit April 2017 leitet er das Forschungsprojekt SIMOPERA, das noch bis Ende März 2019 läuft.

Dr. Anton Schlesinger promovierte zum Thema „Verbesserung der Sprachverständlichkeit in Hörgeräten“, war jahrelang in der Ultraschalltechnik im medizinischen Sektor tätig sowie in der Hörakustik. Seit drei Jahren arbeitet er freiberuflich als Berater für Raumakustik. Seit Sommer 2017 ist der Ingenieur wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt SIMOPERA.



Kalibriermessung der abgestrahlten Schalleistung im reflexionsarmen Raum