applied acoustics

Die Akustik in der Zürcher Hochschule der Künste

Werkmonografie

Impressum

Auftraggeber
applied acoustics, GmbH, Gelterkinden
Martin Lachmann, dipl. Akustiker SGA/SIA/MIOA

Konzept, Text, Redaktion, Grafik
Rahel Hartmann Schweizer

Fotografie
Roger Frei

Pläne
EM2N | MATHIAS MÜLLER | DANIEL NIGGLI
ARCHITEKTEN AG | ETH | SIA | BSA

Druck
Stämpfli AG, Bern
1. Auflage, 2015

© applied acoustics

Inhaltsverzeichnis

Optische Highlights und akustische Soundscapes

Interview mit Martin Lachmann 5

Katalog

Konzertsaal – «kleiner» Saal mit «grossem» Orchester 23

Orgelkonzertsaal – originelle Fantasie, reales Vorbild 30

Cluster Tonstudio – goldfarbene Schmuckschatulle 33

Kammermusiksaal – «Arvenstube» 36

Institute for Computer Music and
Sound Technology (ICST) – die Werkstatt 38

Elektroakustischer Saal – «wandernder» Schall 40

Musikklub – Anleihe am Automobilbau 42

Kino und Mischkino – die Zwillinge 44

Lluís Domènech i Montaner (1850–1923), Palau de la Música Catalana, Barcelona, 1905–1908: Der ursprünglich für den 1891 von Lluís Millet i Pagès und Amadeu Vives gegründete Volkschor Orfeó Català errichtete Bau ist akustisch auf die Aufführung von Chormusik ausgerichtet.

Optische Highlights und akustische Soundscapes

Bis gegen das Ende des 19. Jahrhunderts wussten selbst die führenden Naturgelehrten wenig über die wissenschaftlichen Grundlagen der Entstehung und Ausbreitung von Schall, was ihm eine mysteriöse Aura verlieh. Auf dem Gebiet der Bauakustik – der Lärmbekämpfung – hat er diese inzwischen verloren. Wird auch die Raumakustik gleichberechtigt mit anderen Fachbereichen in den Planungs- und Bauprozess einbezogen, sind Räume zu gewinnen, die sowohl mit den Augen als auch mit den Ohren erlebbar sind. Solche Räume finden sich in der im September 2014 eröffneten Zürcher Hochschule der Künste (ZHdK) im Toni-Areal. Im Gespräch erörtert der verantwortliche Akustiker Martin Lachmann generell akustische Fragen und speziell das Vorgehen im Toni-Areal.

Die Menschen beschäftigen sich seit jeher mit Akustik. Zeugnisse aus dem Neolithikum (3150 v. Chr.) deuten auf eine Beschäftigung mit Akustik hin, die sich mit zeitgenössischen Klanginstallationen messen lässt. Systematisch mit Tonsystemen und Stimmungen hat man sich zum ersten Mal im Alten China im 3. Jahrtausend vor Christus befasst. Bis heute geistern die anhand des Monochords vorgenommenen Analysen des Pythagoras' von Samos (570–510 v. Chr.) in architektonischen Proportionslehren herum. Aus dem Mittelalter sind uns die Forschungen von Athanasius Kircher überliefert. Trotzdem scheint die Akustik bis heute eine Wissenschaft zu sein, die wie ein Buch mit sieben Siegeln behandelt wird. Weshalb ist für die Menschen Akustik nach wie vor so etwas wie ein «Mysterium», wie es der österreichische Architekt Adolf Loos (1870–1933) einmal bezeichnet hat?[1]

Adolf Loos' «Das Mysterium der Akustik» aus dem Jahr 1912 stellt vermutlich einen der grössten «Bärendienste» dar, die der Akustik im gebauten Raum je geleistet wurden! Leider «hallt» der Text bis heute nach und führt auch in der aktuellen Architekturdiskussion immer wieder zu einer unheilvollen «Mystifizierung» der Akustik.

Das schwierige Thema läuft dann Gefahr, in den Bereich der Esoterik oder gar der schwarzen Magie abgeschoben zu werden und mit der Begründung «Akustik kann man ja sowieso nicht planen», ausser Acht gelassen zu werden.

Die Mystifizierung hat aber auch mit dem Phänomen zu tun, dass Akustik nur zur Hälfte aus objektiver Physik besteht. Die anderen fünfzig Prozent macht der subjektive Höreindruck aus. Die Qualität eines akustischen Ereignisses, sei dies nun Raumklang oder Umgebungslärm, wird von jeder Person individuell auf Grund persönlicher Erfahrungen, Vorlieben etc. beurteilt und entzieht sich grundsätzlich einer objektiven Bewertung.

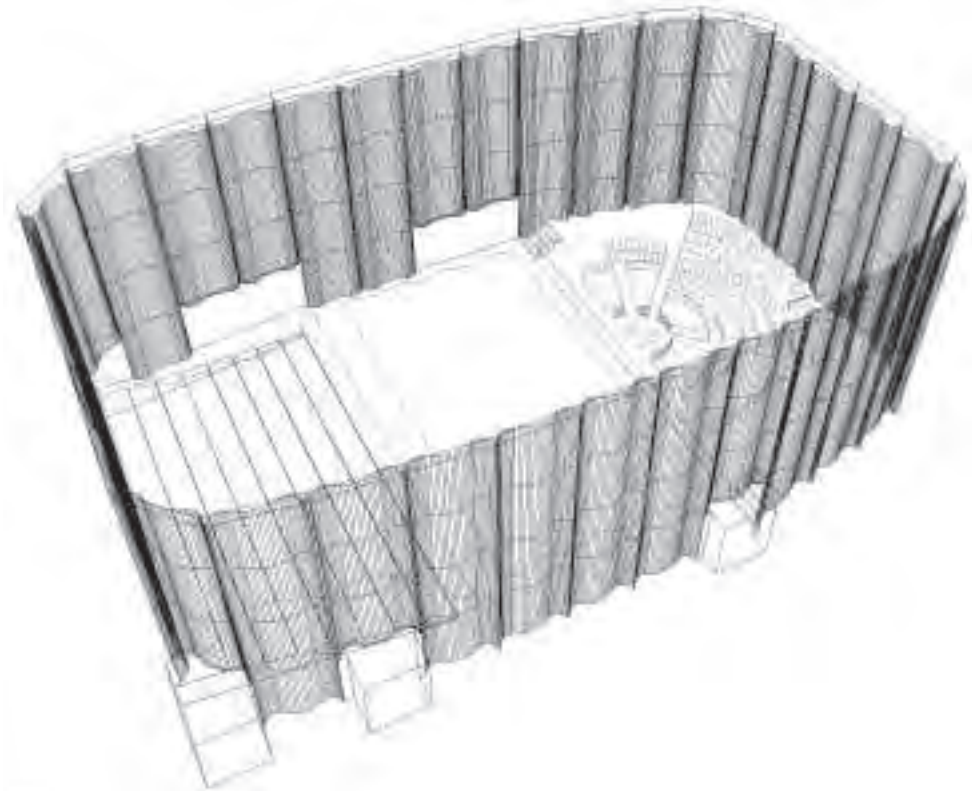
Die Akustik rückt damit in die Nähe von gestaltenden Disziplinen wie der Architektur oder des Produktdesigns. In allen diesen Bereichen ergibt sich die Qualität eines Werks aus einer Mischung von funktional-objektiven und gestalterisch-subjektiven Aspekten. Das bedeutet, dass sich Akustiker bei ihrer Arbeit nicht allein auf physikalisches Wissen stützen können. Vielmehr müssen sie sich den noch nicht gebauten Raum hörend vorstellen können – wie es Architekten auf der visuellen Ebene tun.

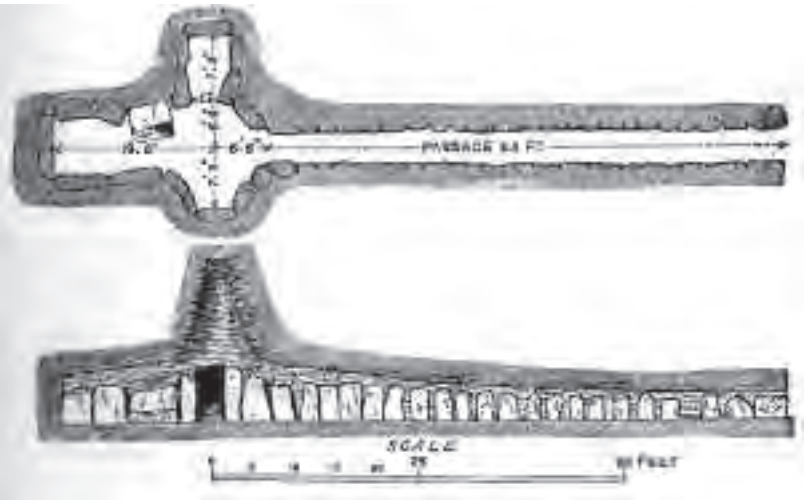
Für die Architekten war der römische Gelehrte Vitruv über die Jahrhunderte eine wichtige Referenz, und er ist es bis heute. Warum wird ihm nicht dieselbe Bedeutung auf dem Gebiet der Akustik beigemessen? Immerhin äusserte er sich mit ganz praktischen Anweisungen. So empfahl er den Einsatz von Schallgefässen, von denen man heute glaubt, sie hätten eine ähnliche Wirkung gehabt wie Helmholtzresonatoren.
Auf die Schalltöpfe zurück griff 1673 in seiner Phonurgia Nova der Jesuit Athanasius Kircher (1602–1680), den selbst Wallace Clement Sabine (1868–1919), der «Entdecker» der Nachhallzeit, mit Respekt in seinen «Collected Papers on Acoustics» 1923 zitierte.[2]

Die Wissenschafter und Baumeister der Antike und des Mittelalters verfügten noch nicht über genaue Kenntnisse von den Eigenschaften des Schalls. Es existierten keine klaren Vorstellungen darüber, wie Schall entsteht oder sich ausbreitet. Man konnte also nur auf empirische Erkenntnisse zurückgreifen. Noch lange Zeit herrschte zum Beispiel die Meinung vor, dass sich hohe Töne schneller ausbreiten als tiefe. Die Einsicht ist relativ jung, dass die Schallgeschwindigkeit für alle Frequenzen gleich ist.
In dasselbe Kapitel gehört das Klischee der ausgezeichneten Akustik in griechischen Theatern oder in mittelalterlichen Kirchen, war doch die gute Sprachverständlichkeit in den antiken Theatern eher ein erfreuliches Nebenprodukt der optimalen Bauform im Hinblick auf die Zuschauerkapazität und den visuellen Kontakt des Publikums zur Szene: konzentrische, stark ansteigende Ränge, um möglichst viele Personen bei optimalen Sichtbedingungen nahe an die Szene heranzubringen.
In vielen Kirchen ist die Akustik (ausser für spezifische musikalische Werke) sogar oft ausgesprochen schlecht. Entsprechend bemühen sich ganze Heerscharen von Elektroakustikern, die Sprachverständlichkeit in Kirchen mit technischen Mitteln einigermassen zu gewährleisten. In den umfangreichen Kirchenaufzeichnungen über alle Epochen ist kein Hinweis zu finden, dass man zu irgendeinem Zeitpunkt die Akustik in Kirchen zu einem bestimmten (theologischen) Zweck «gestaltet» hätte.[3] Die Akustik war in vielen historischen Bauwerken, so spektakulär und beeindruckend sie sein mag, oft ein «Zufallsprodukt» des Baustils. Die Umschreibung des Phänomens Klang des Wissenschafters und Schriftstellers Lorenzo Magalotti (1637–1712) «Il suono accidente nobilissimo dell'aria» illustriert anschaulich, wie «unbeschrieben» die wissenschaftliche Akustik noch im Barock war.[4]

Als interdisziplinäre, auf Erkenntnissen der Physik, der Psychologie, der Nachrichtentechnik und der Materialwissenschaft aufbauende Wissenschaft ist die Akustik also eine vergleichsweise junge Disziplin?

Allein schon, was eine ihrer wichtigsten Komponenten betrifft, gilt das bestimmt. Bevor Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) und John Dalton (1766–1844) die Gesetze zum Verhalten von Gasen formuliert hatten, war beispiels-

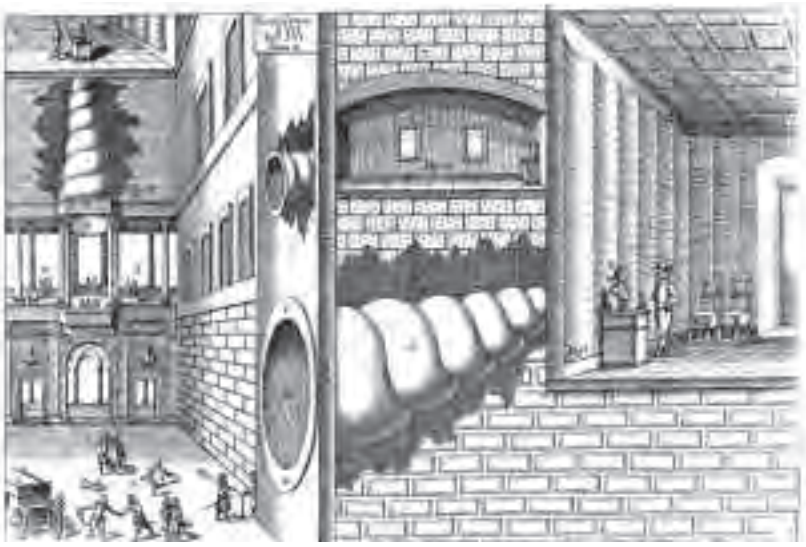




Das Drahtmodell des «Grossen Konzertsaals» in der Zürcher Hochschule der Künste, das als Grundlage für die Akustiksimulationen diente.

Schnitt des jungsteinzeitlichen Hügelgrabes in Newgrange (IRL): Im Innern befindet sich eine Kammer, die mit Zeichnungen von Kreisen und Zickzacklinien an Wänden und Decken «verziert» und mit Steinbassins sowie einer Feuerstelle alimentiert ist. Forscher glauben, dass in die mit Wasser gefüllten Bassins im Feuer erhitzte Steine hineingegeben wurden, sodass sich die Höhle mit Dampf füllte. Nun wurde ein Ton angestimmt, der eine stehende Welle erzeugte, die sich im Wasserdampf abzeichnete. Dieses Bild wurde grafisch an den Wänden verewigt: eine Klang-Raum-Kunst-Installation, die vor 5000 Jahren datiert!

Athanasius Kircher, schneckenartig gewickelte «Hörrohre»



weise eine exakte Berechnung der Schallgeschwindigkeit nicht möglich. Selbst Isaac Newton (1642–1726) «fälschte» 1713 seine Formel zur Berechnung der Schallgeschwindigkeit, indem er eine Konstante einfügte, die das Resultat erstaunlicherweise exakt mit den Werten der einige Jahre zuvor durchgeführten Feldmessungen der Royal Society zur Übereinstimmung brachte.
Erst recht aber zeigt sich ihr «jugendliches» Alter, wenn man von der wissenschaftlichen Akustik im engeren Sinn spricht – insbesondere von der Raumakustik. Ein Meilenstein waren auf diesem Gebiet die Arbeiten von Wallace Clement Sabine (1868–1919) im ausgehenden 19. Jahrhundert. Erst um 1900 veröffentlichte er eine Formel zur Berechnung der Nachhallzeit, eine der nach wie vor wichtigsten Kenngrössen der Raumakustik.

Der Durchbruch für die Akustik in der architektonischen Gestaltung war das aber noch nicht, oder?

Nun, es dauerte mindestens weitere 20 Jahre bis die wissenschaftliche Raumakustik Eingang in das praktische Bauwesen fand. Vor allem bekannte nordische Architekten der Moderne, allen voran Alvar Aalto und Vilhelm Lauritzen, beschäftigten sich intensiv mit den neuen Erkenntnissen und arbeiteten sie mit grossem Aufwand und Leidenschaft in ihre Bauten ein.
Der schwedische Architekt Sven Markelius, der eng mit Aalto befreundet war, erwähnte in seinem berühmten Vortrag im Jahr 1928 – notabene dem Gründungsjahr des Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (CIAM) – im finnischen Abo die neue Wissenschaft der Raumakustik sogar als exemplarisches Beispiel für die in der Moderne so bedeutende Verbindung von Form und Funktion.[5] Das von ihm entworfene und im Jahr 1932 eingeweihte Konzerthaus in Helsingborg wird denn auch bis heute für seine hervorragende Akustik gepriesen.

Ob es dem Einfluss Aaltos zuzuschreiben war, oder dem damals auch hierzulande hohen Mass an Sensibilität, weiss ich nicht, doch zeichnet sich ein Theater, für das Sie gegenwärtig die akustische Beratung machen, das Kurtheater in Baden, durch eine hervorragende Akustik aus. Die Architektin Lisbeth Sachs konsultierte beim Bau Anfang der 1950er Jahre keinen Geringeren als Willi Furrer, «Nestor» der technischen Akustik in der Schweiz. Er unterrichtete an der Abteilung für Architektur der ETH Zürich bis 1976 Raum- und Bauakustik, publizierte 1956 mit «Raum- und Bauakustik» ein Standardwerk[6], das 1972 neu aufgelegt wurde und gründete 1971 die Schweizerische Gesellschaft für Akustik. Furrer berief sich einerseits auf das antike Theater in Orange – kaum zufällig dasselbe, das Sabine in seinen «Collected Papers on Acoustics» abgebildet hatte[7] –, andererseits auf die italienischen Opernhäuser des 18. Jahrhunderts. Er schaffte die Gratwanderung, eine für Musikaufführungen ansprechende Nachhallzeit zu erreichen, ohne Abstriche an der Sprachverständlichkeit in Kauf nehmen zu müssen.

Beim Kurtheater besteht die Aufgabe tatsächlich weniger darin, die Akustik zu verbessern, als vielmehr sicher zu stellen, dass sie durch die anstehende Sanierung und Erweiterung nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.
An der ETH war die Akustik seit der Nachkriegszeit effektiv gut positioniert und immer wieder mit markanten Persönlichkeiten vertreten. Historisch betrachtet, ist daher nicht einleuchtend, dass es in der Schweiz erstaunlicherweise zur Zeit nicht möglich ist, ein zusammenhängendes Studium auf dem Gebiet der

Das Theater im jordanischen Jerash soll mit Schallgefässen ausgestattet gewesen sein, die den Klang von einer Seite des untersten Ranges der Tribüne auf die andere «transportierten».

Akustik zu absolvieren. Es existieren punktuelle Ausbildungsangebote, namentlich das CAS Akustik (Certificate of Advanced Studies) der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) oder die Akustikvorlesungen an der ETH – weitere Ausbildungsangebote sind auf verschiedenen Stufen geplant – nach wie vor existiert aber kein zusammenhängender Studienweg.
Ausserdem werden die Grundlagen der Akustik und des Schallschutzes in der gegenwärtigen Ausbildung im Rahmen der Bauphysik zwar vermittelt, die Akustik dabei aber meist auf rein technische Aspekte reduziert. Den Studierenden wird das Thema dadurch oft vergällt. Der kreative Aspekt der Akustik, der «akustische Entwurf», der für die Architektur spannend sein kann, wird selten erwähnt. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass Architektinnen und Architekten grundsätzlich sehr interessiert sind an der Diskussion über das akustische Entwerfen – deshalb sollten sie im Laufe ihrer Ausbildungszeit Gelegenheit haben, etwas darüber erfahren zu können.
Interessierten Berufseinsteigern bleibt gegenwärtig nur die Möglichkeit, sich das Wissen aus verschiedenen Quellen selbst zu beschaffen oder Akustik im Ausland zu studieren. In Deutschland finden sich beispielsweise bei der RWTH Aachen oder der TU Berlin entsprechende Angebote.

Weshalb liess die Sensibilität nach?

Als sich die Form in der Architektur mit dem Aufkommen digitaler Werkzeuge in den 1980er Jahren verselbstständigte und sich gleichzeitig die Grandseigneurs der ersten Akustikergeneration aus dem Berufsleben zurückzogen, schien die Akustik in Vergessenheit zu geraten. Insofern zeigte sich eine gewisse Parallele zur Entwicklung, die sich im 16. und 17. Jahrhundert anbahnte und bis ins 19. Jahrhundert wirkte, als sich die technischen Disziplinen – neben der Akustik auch das Bauingenieurwesen – von der Architektur emanzipierten. Die Technikhistorikerin Emily Ann Thompson beschrieb es in ihrem Buch «The Soundscape of Modernity» treffend: «As science and architecture parted ways, the subject of architectural acoustics fell into the gap that opened between them.»[8] An der ETH manifestierte sich dieses Phänomen, indem den Physikern im Rat das Fach zu subjektiv gefärbt erschien, um unterrichtet zu werden, den Architekten aber war es zu technisch.
Die Entwicklung der wissenschaftlichen Akustik war daher im 20. Jahrhundert national und international von Rückschlägen geprägt, welche die Akzeptanz und Glaubwürdigkeit der noch jungen Wissenschaft schwächten. So wurden immer wieder Konzertsäle entworfen, die sich als akustisch unbefriedigend herausstellten.
Solche Diskontinuitäten in der Wissensentwicklung respektive in der Anwendung der Akustik im gebauten Raum sind selbst in der jüngeren Geschichte zu beobachten. Problematisch waren vor allem Konzertsaalbauten in Amerika in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, wie das «Eastman Theatre» in New York (1923; Architekt: William G. Kaelber) oder die «Kleinhans Music Hall» in Buffalo (1938–1940; Architekt: F. J. & W. A. Kidd und Eliel Saarinen).
Das Problem war unter anderem die Grösse der Säle; sie wurden für zu viele Zuhörer gebaut, was zu viel Absorption zur Folge hatte. Hinzu kam der fächerförmige Grundriss, der dazu führte, dass die Reflexionen von den Wänden alle an die Rückwand gelenkt und die zentral im Raum befindlichen Plätze mangelhaft mit Schallenergie versorgt wurden, weshalb sich kein «umhüllender» Klang für die Zuhörer einstellte.

Kammermusiksaal in der Zürcher Hochschule der Künste mit der charakteristischen Fältelung der Decke über der Bühne

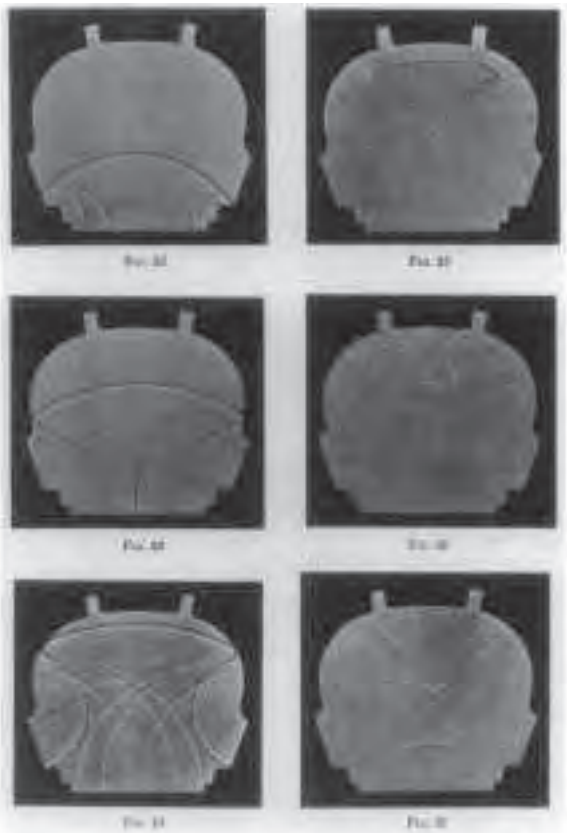
Blick in den «Schlot» im Inneren des im Plan auf Seite 7 abgebildeten Grabes von Newgrange

*Zur Kleinhans Music Hall hat sich 1962 der seinerzeit führende Akustikforscher Leo Beranek (*1914) dezidiert geäussert. Thompson zitiert ihn mit den Worten: «Listening to music there is rather like listening to a very fine FM-stereophonic reproducing system in a carpeted living room.»[9] Und der Historiker Michael Forsyth doppelte nach, indem er Beraneks Charakterisierung generell auf die in den USA nach 1925 errichteten Auditorien bezog und sie als «Hi-Fi Concert Halls» identifizierte. Ihr Klang, so Forsyth, sei «sharp and lucid», wie eine «'front-row' close-to microphone recording».[10]*
Der Vergleich ist insofern bemerkenswert, als sich mit der in dieselbe Zeitperiode fallenden Entwicklung der Tonaufnahmetechnik die auditive Wahrnehmung revolutionierte. Hat man also in diesen Auditorien eher an dieser Technik Mass genommen als am architektonischen Raum?

Das eine hängt tatsächlich mit dem anderen zusammen. Die wissenschaftliche Akustik machte ab Mitte der 1920er Jahre im Zusammenwirken mit der sich im gleichen Zeitraum entwickelnden Elektronik und Audiotechnik rasche Fortschritte. Die Tonaufnahmetechnik ermöglichte erstmals die Trennung eines Klanges von seiner Quelle, was ein revolutionärer Schritt war. Auf ihm basierte die in den 1940er und 1950er Jahren entstehende Magnetbandtechnik, die es zum ersten Mal gestattete, Schallereignisse exakt zu speichern und sie später auszuwerten – eine wichtige Grundlage für akustische Messungen und das Verständnis der Akustik generell.
Ein neues Zeitalter in der Entwicklung der akustischen Messtechnik brach dann Ende der 1970er Jahre an, als in der Elektronik und Audiotechnik die Digitaltechnik Einzug hielt. Schallsignale konnten nun «verlustfrei» – das heisst ohne Störgeräusche wie zum Beispiel Bandrauschen etc. – aufgezeichnet und gespeichert werden. Die nunmehr digitalisierten Signale liessen sich in Rechenmodelle einspeisen.
Damit war die Voraussetzung geschaffen, die Dreidimensionalität der akustischen Signale – entlang der Achsen von Zeit, Frequenz und Pegel – umfassend zu visualisieren. Die anschauliche Darstellung von grossen Datenmengen ist zentral für das Verständnis komplizierter physikalischer Vorgänge. Denn, obwohl die Akustik heute eine etablierte technische Wissenschaft ist, bedeutet das nicht, dass sie alle Phänomene verstanden hätte. Entsprechend ist die Entwicklung der akustischen Messtechnik, gerade im raumakustischen Bereich, längst nicht abgeschlossen. Man versucht neue, «objektiv» messbare Parameter zu finden, die – zusammen mit den bereits bekannten Kenngrössen – den subjektiven Klangeindruck in Räumen möglichst gut abbilden sollen.
Dies, das Verhältnis zwischen objektiver Messung und subjektiver Wahrnehmung, ist nach wie vor einer der wichtigsten Knackpunkte. Hinzu kommen die geometrische Massstabsfrage, die Komplexität des Schallfeldes und der Mangel an Materialkennwerten.

Was bedeutet das für die Konzeption der akustischen Massnahmen? Wie ist es möglich, allen diesen Faktoren gerecht zu werden?

Wegen der Komplexität des Schallfeldes ist für akustische Berechnungen oft mehr als ein theoretisches Modell nötig, um der Ausbreitung des Schalls bei verschiedenen Frequenzen Rechnung zu tragen. Daher haben Massstabsmodelle in der Akustikplanung trotz fortgeschrittener Computersimulation noch keineswegs ausgedient.



Im Institute for Computer Music and Sound Technology (ICST) an der Zürcher Hochschule der Künste wird im Bereich der Computermusik und der neuen Medientechnologien geforscht.

Fotografische Serie von Aufnahmen, welche die Ausbreitung des Klangs im verkleinerten Modell des 1909 von Carrére & Hastings erbauten New Theater in New York zeigen. Wallace Sabine untersuchte die akustischen Probleme des Theaters, das 1930 abgerissen wurde.

Denn Simulationsprogramme haben ihre Tücken: Selbst eine hoch entwickelte Software kann immer nur einen Ausschnitt des Problems beleuchten. Deshalb spielt die Erfahrung beim Einspeisen der Daten in die Software und beim Beurteilen und Interpretieren der Resultate eine zentrale Rolle. Ist diese Erfahrung bei den Anwendern der Software nicht gegeben, werden auch unrealistische Ergebnisse für bare Münze genommen.
Hier besteht eine gewisse Parallele zur Architektur, wo trotz hochentwickelter, fotorealistischer Computervisualisierung der Modellbau nach wie vor differenziertere Eindrücke bieten kann und darum auch weiterhin angewendet wird.

Trotz ähnlicher Werkzeuge der beiden Disziplinen Architektur und Akustik ist es nicht möglich, mittels der Gestaltung der Form auch gleichsam «automatisch» gute Akustik zu generieren?

Die zeitgenössische Formensprache und ihre Materialisierung bergen zahlreiche raumakustische Problemfelder – Form, Struktur und Oberflächenbeschaffenheit – und erzeugen daher tatsächlich nur selten «automatisch» gute Raumakustik. Grund dafür ist die Verwendung von mehrheitlich «schallharten» – das heisst nicht absorbierenden – Materialien, grossen, unstrukturierten, orthogonalen Flächen und die starke Reduktion von klassischen textilen

Detail der goldfarbenen Paneele im Tonstudio der Zürcher Hochschule der Künste

Nachtaufnahme der Kleinhans Music Hall, Buffalo, New York

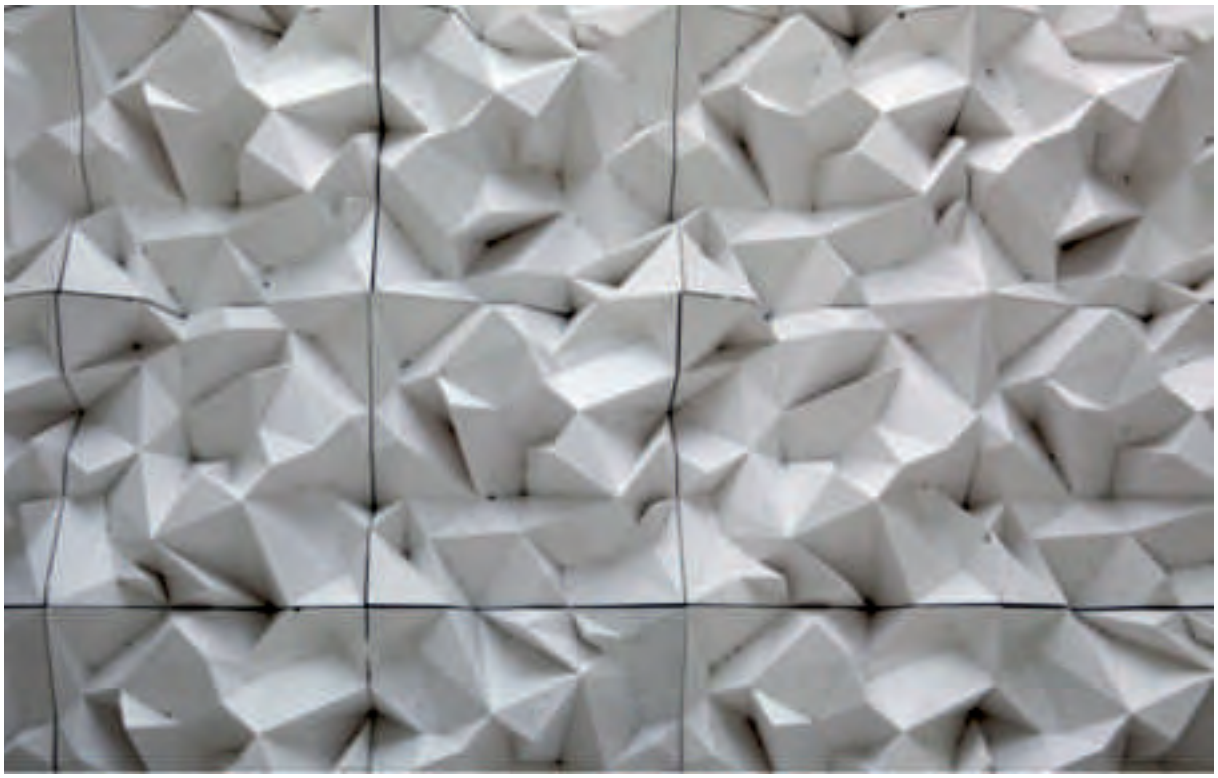
Elementen wie Teppichen, Polstermöbeln, Vorhängen usw. im Innenausbau. Ausserdem besitzen die im Bauwesen verwendeten Materialien sehr unterschiedliche akustische Eigenschaften. Es ist darum eine der Aufgaben der Akustiker, geeignete Materialien so zu kombinieren, dass sich das gewünschte Klangbild im Raum einstellt. Ein Material mit idealen akustischen Eigenschaften für alle Anwendungen existiert nicht.
Doch die Werkstofftechnologie entwickelt sich erfreulicherweise sehr dynamisch. So steht der Akustik heute eine grosse Palette von Materialien zur Verfügung, die es ihr ermöglicht, auf viele Gestaltungswünsche der Architektur zu reagieren.

Die Akustik müsste also – ähnlich wie es in den Ingenieurwissenschaften zunehmend der Fall ist – weniger als Hilfswissenschaft der Architektur verstanden, sondern stärker als eigenständige Disziplin begriffen werden?

Akustik sollte den ihr gebührenden Stellenwert bei der Planung bekommen. Sie ist ein zentraler Faktor für die Atmosphäre eines Raums und damit für die Frage, ob ein Raum seiner gedachten Funktion gerecht wird.
Da es keine allgemeingültige «gute» und «schlechte» Raumakustik gibt – Raumakustik ist immer dann gut, wenn sie dem Benutzungszweck und der Atmosphäre des Raums dienlich ist – lässt sich raumakustische Planung nicht in einfache Schwarz-Weiss-Schemata pressen.
Trotz technischer, finanzieller und organisatorischer Hürden ist es heute für ein erfahrenes Team aus Architekten und Akustikern möglich, die Akustik in einem Gebäude – über den rein funktionalen Aspekt hinaus – zu gestalten. Während sich im Aussenraum die Begriffe und Konzepte von «Soundscape», «Klangökologie» und «Klanggestaltung» langsam auf breiter Front durchsetzen, ist ein solches Verständnis für Innenräume leider noch nicht im selben Mass erkennbar – dabei könnten die subtilen akustischen Verläufe im Innenraum ebenfalls als «Soundscape» begriffen werden. Je früher die Diskussion über akustische Konzepte an einem Bauwerk ansetzt, desto grösser ist die Chance, die visuelle und die akustische Gestaltung zu einem harmonischen Ganzen zu verbinden. Analog zu visuellen Abfolgen könnten und sollten akustische Abfolgen und Atmosphärenwechsel ein Gebäude strukturieren, es interessant und angenehm machen und auch so erhalten.

Im Toni-Areal haben Sie eine solch‘ ausgeklügelte Komposition von Räumen mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften und Atmosphären geschaffen. Welche Rolle kam den Architekten, welche den Akustikern zu?

Die Architekten brachten die Sensibilität für die akustischen Problemstellungen mit; wir als Akustiker waren gefordert, die voraussichtliche Nutzung sowie die Bedürfnisse und Wünsche der Nutzerinnen und Nutzer kennen zu lernen. Danach war es unsere Aufgabe, diese verbal-subjektiven Beschreibungen unter Einbezug der gestalterischen Ansprüche der Architekten in Akustikmassnahmen zu übersetzen. Denn, obwohl einschlägige Normen und Empfehlungen Richtwerte für die raumakustische Auslegung von bestimmten Raumtypen liefern, ersetzen sie die individuelle Planung nicht. Es ist unerlässlich, dass sich die Akustiker aus ihrer Erfahrung vorstellen können, wie ein Raum klingen wird. Davon ausgehend «formen» sie den gewünschten Raumklang, abgestimmt auf die Verwendung eines Raumes.



Im Ausland sind spezielle Lehrgänge für Akustik keine Seltenheit: Die School of Architecture des Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) in Troy, New York, – hier ein Absorptions- und Diffusionsmodell – beispielsweise rühmt sich, den umfassendsten Akustikstudiengang in Nordamerika anzubieten. Dieser beinhaltet Bau- und Raumakustik ebenso, wie etwa Psychoakustik. Ausserdem ist er interdisziplinär angelegt und richtet sich an Ingenieure, Architekten, Künstler, Geisteswissenschaftler und Musiker.

Die Gipselemente im «Grossen Konzertsaal» der Zürcher Hochschule der Künste wurden anhand von Mustern im Massstab 1:1 am Fraunhofer-Institut in Stuttgart getestet. Dabei wurden drei Produkte unter die Lupe genommen:
- Gipskartonmehrschichtplatten
- auf zementbasis gebundene Gipsplatten
- glasfaserverstärkte Gipsplatten

Letztere zeigten die günstigsten Schwingungs- und Absorptionseigenschaften.

Von der Nutzung her haben die Architekten zwei Raumtypen definiert: «Perlen» und «Schnittstellenräume», die sie in der Projektbroschüre so definierten: «Die so genannten ‹Perlen› sind Räume, die genau auf eine Nutzung zugeschnitten sind. Daneben gibt es weitere Räume, die Überschneidungen von mehreren Nutzergruppen und Funktionen begünstigen, die so genannten ‹Schnittstellenräume›.» Sie haben Räume beider Kategorien gestaltet, wobei sie sich im Grad der Sichtbarkeit der akustischen Interventionen unterscheiden.

Ja, unter akustischem Blickwinkel erkennt man die «Perlen» an ihrer optischen und akustischen Kongruenz, das heisst, was optisch bemerkenswert ist, rührt von der akustischen Intervention her. Die Akustik ist also sichtbar: Im Orgelkonzertsaal sind es die schwarzen Kunststoffkuppeln, in der «Arvenstube», wie wir den Kammermusiksaal intern nennen, ist es die Holzvertäfelung, im Konzertsaal sind es die gewellten Wandelemente. Weniger prägnant beziehungsweise tendenziell mit eher konventionellen Massnahmen tritt die Akustik im Kino, im Mischkino, im Tonstudio, im Musikklub sowie in den Filmschnitt- und Editplätzen in Erscheinung.

Dass Akustikelemente auch optisch ansprechend sind, ist nicht unbedingt die Regel. Das Kultur- und Kongresszentrum Luzern (KKL) setzte in dieser Hinsicht seinerzeit Massstäbe – mit enormem Aufwand. Im Toni-Areal herrscht hingegen eine Mischung aus Robustheit und Eleganz beziehungsweise aus Werkstattcharakter und Raffinement. Pièces de Résistance sind zweifelsohne der Konzert- und der Orgelkonzertsaal. In Ersterem kamen Spezialentwicklungen zum Einsatz, in Letzterem wurde ein «billiges» Material – Kunststoff – zu einer extravaganten optischen Gestaltung komponiert, die an den Orgelsaal in Kapitän Nemos Nautilus‘ erinnert. Der Gegensatz der Kunststoffkuppeln zur «Arvenstube», dem ganz in Seekiefer ausgekleideten Kammermusiksaal, könnte nicht grösser sein. Ebenfalls «konventionell» sind die Vorhänge die in mehreren Räumen vorhanden sind. Es braucht also nicht immer Hightech zu sein?

Nun, ich würde eher sagen: «sowohl als auch». Gerade im Bereich der traditionellen Akustikmaterialien finden gegenwärtig interessante Entwicklungen statt. Bei Textilien wird beispielsweise intensiv daran gearbeitet, durch spezielle Webtechniken, die sich nur mit den modernsten Maschinen realisieren lassen, den Strömungswiderstand von Geweben zu optimieren. Denn ein poröses Material kann den Schall nur wirkungsvoll absorbieren, wenn sein Strömungswiderstand in einem definierten Idealbereich liegt. Ein aktuelles Beispiel für die innovative Nutzung dieses Prinzips sind optisch transparente Akustikvorhänge mit guter akustischer Absorption.

Für eine gute Akustik bedarf es auch einer optimalen Verteilung des Schalls.

Neben der «Vernichtung» des Schalls mittels Schallabsorption ist dessen Lenkung oder Streuung ein ebenso wichtiges akustisches Werkzeug. In mehreren Räumen im Toni-Areal haben wir auf eine der bedeutendsten akustischen Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit zurückgegriffen, die aus diesem Bereich stammt.
In den 1970er Jahren legte der deutsche Physiker Manfred Schroeder die zahlentheoretischen Grundlagen für den Bau von hochwirksamen schallstreuenden Strukturen, die seither als «Schroeder-Diffusoren» in vielen Räumen für Musik zur Schallstreuung eingesetzt werden.

Der Unterschied zwischen den Perlen und den Schnittstellenräumen lässt sich grob auch in Räume der Produktion und Räume der «Konsumation» gliedern beziehungsweise in Aufnahme- und Abspielräume. Der Filmspielkomplex bildet da insofern eine Ausnahme als das Kino auf der Rückseite über ein spiegelbildlich angelegtes Pendant, das Mischkino, verfügt. Darin wird die Tonspur des Films – bestehend aus den Dialogen, der Musik und den Geräuscheffekten – synchron zum Bild gefügt. Warum kann man das – angesichts der heute digital verfügbaren Daten – nicht auch in einem «kleinen Kämmerlein» am Computer zusammensetzen?

Um beurteilen zu können, wie Klänge, Geräusche, Sprache etc. in der akustischen Umgebung eines Kinos klingen, muss die Produktion unter ähnlichen Bedingungen erfolgen, wie sie in einem Kinosaal herrschen, das heisst, dass die Produktions- den Abspielbedingungen entsprechen müssen.

Wenn man die Entwicklung der Akustik im Schnelldurchlauf Revue passieren lässt, verdankt sie ihre Qualität in den Anfängen der auf die jeweiligen Räume angepassten Nutzung. Das heisst, im griechischen Theater wurde hauptsächlich gesprochen, in den Barockkirchen war der Hall erwünscht, oder man hat die Musik den Räumen angepasst, ob es nun die Venezianische Mehrchörigkeit war, die in die Stücke hineinkomponierte Akustik bei Nicolas Gombert[11] oder die Adaption an den Saal mittels Pauken bei Joseph Haydn. Heute versuchen wir, die verschiedensten akustischen Anforderungen buchstäblich unter einem multifunktionalen Dach zu vereinen. Wäre konsequenterweise die nächste Entwicklungsstufe nicht, die Säle elektroakustisch auf die jeweiligen Bedürfnisse zu trimmen?

Über die derzeitigen Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Akustik mittels elektroakustischer Systeme darf man sich keine Illusionen machen. Kategorisch formuliert: Eine lange Nachhallzeit kann mit den heutigen elektroakustischen Systemen nicht korrigiert werden.
Es wird allerdings seit vielen Jahren an elektroakustischen Systemen geforscht – einige sind als kommerzielle Produkte erhältlich –, die es ermöglichen, der bestehenden Akustik in einem Saal oder sogar eines Aussenraumes, mehr Hall hinzuzufügen und so den Musikern und den Zuhörern ein lebendigeres Klangbild anzubieten.
Der Entwicklungsstand und die Qualität dieser Systeme sind beachtlich hoch. Insbesondere bei Dirigenten und Musikern aus dem Bereich der «klassischen Musik» verursachen derartige technische Lösungen jedoch starke Abwehrreflexe. Das ist ein wesentlicher Grund dafür, dass sich elektroakustische Methoden zur Akustikanpassung nur äusserst langsam etablieren.
Viel zügiger vollzieht sich die Einführung von Raumklangsystemen im Bereich der Bild- und Tonwiedergabe. Ausgehend von den vergleichsweise einfachen «Surround»-Systemen, deren Technologie viele Anwender zum Beispiel aus dem Heimkinobereich kennen, geschieht im Moment eine rasche Entwicklung hin zu sehr flexiblen und adaptierbaren Systemen, die mittels komplexer digitaler Signalbearbeitungsalgorithmen und relativ wenigen Lautsprechern dem Zuhörer ein möglichst mehrdimensionales Schallfeld vermitteln können.

Anmerkungen

1 «Im Mörtel des Bösendorfer Saales wohnen die Töne der grossen Komponisten. Das Material […] wurde mit den Klängen unserer Philharmoniker […] imprägniert.» Vgl. Adolf Loos, Das Mysterium der Akustik, Wien, 1912; in: ders., Trotzdem 1900 – 1930. Die Schriften von Adolf Loos, Bd. 2, Innsbruck, 1931, S. 125ff.

2 Sabine, Wallace Clement, Collected Papers On Acoustics. Cambridge, Harvard University Press, 1923, S. 163.

3 «Within the vast literature of the church, [...]. [...] there is no mention of intentionally creating reverberation for its theological relevance. Instead, evidence suggests that long reverberation was simply an unintentional consequence of the spatial grandeur of God's earthly home.». Vgl. Barry Blesser, Linda Ruth Salter, Spaces speak – are you listening?, Cambridge/London, 2007, S. 93.

4 «Il suono accidente nobilissimo dell'aria osserva un tenore così invariabile di velocità ne' suoi movimenti, che l'impeto maggiore o minore con cui lo produce il corpo sonoro, non puo alterarlo.» Vgl. Magalotti, Lorenzo, Saggi di Naturali Esperienze fatte nell'Accademia del Cimento sotto la protezione del serenissimo Principe Leopoldo di Toscana e descritte dal segretario di essa Accademia, Firenze 1667, S. CCXXXXI; Vgl. auch: Hunt, Frederick, Origins in Acoustics, Yale, 1978, S. 101.

5 Mortensen, Bo, Wood and Modern Movement – Wood and Acoustics in the Scandinavian Concert Halls of the Modern Movement, in: Preservation Technology Dossier 4, Docomomo, Helsinki, 2000, S. 61–66.

6 Furrer, Willi, Raum- und Bauakustik für Architekten, Birkhäuser, Basel, Stuttgart, 1956.

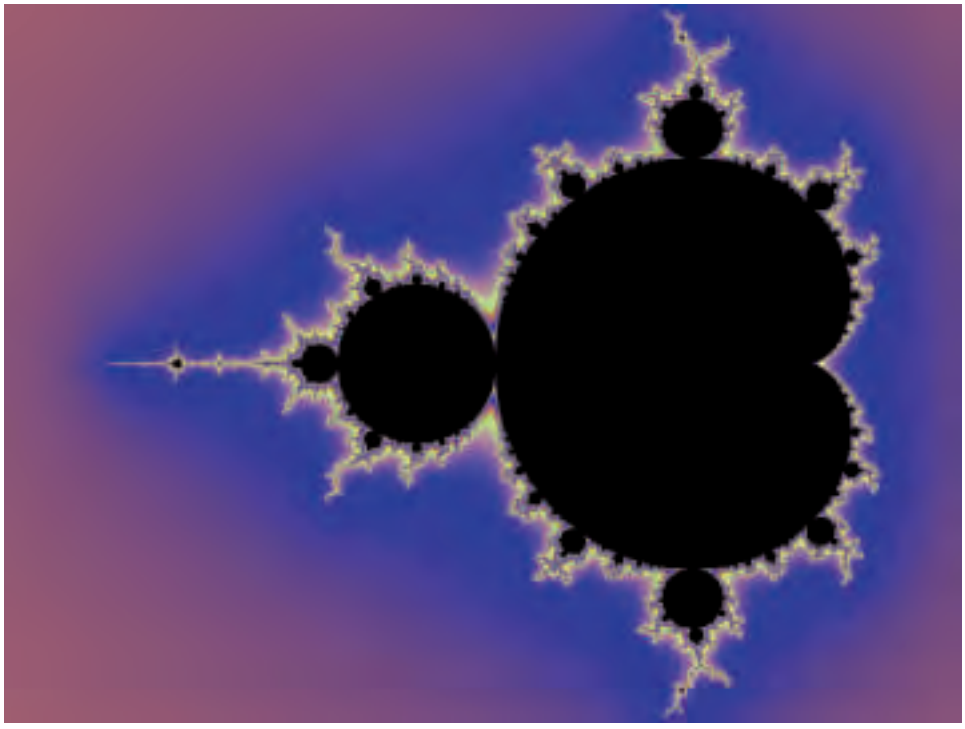
7 Sabine, Wallace, Clement, wie Anm. 2, S. 162.

8 Thompson, Emily Ann, The Soundscape of Modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900-1933, Princeton, 2002, S. 19.

9 ebd. S. 248.

10 ebd., S. 248.

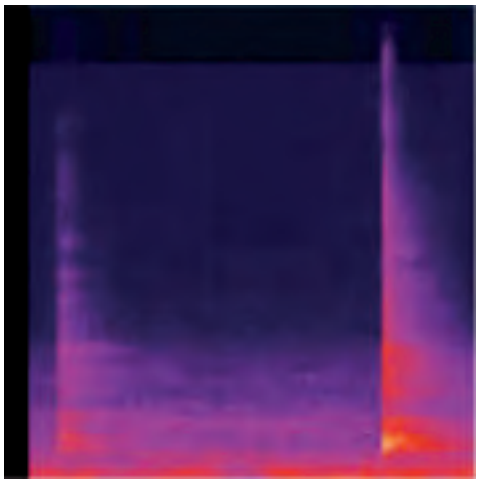
11 Nicolas Gombert – Meister des Klangstroms, Fred van der Kooij im Gespräch mit Roland Wächter, DRS2, 25.7.2010.



Der Musikklub in der Zürcher Hochschule der Künste

Ursprünglich war im Konzertsaal eine fraktale Oberflächenstruktur geplant. Mandelbrotmuster gehören zu den attraktivsten Darstellungen solcher fraktaler Strukturen.

Ausschnitt der spektralen Darstellung der Komposition Metastaseis von Iannis Xenakis, von der er die Formgebung des von Le Corbusier entworfenen Philips Pavillon an der Weltausstellung in Brüssel 1958 ableitete.



Der «Grosse Konzertsaal» ist von Aussen ein Quader. Diesem ist im Innern ein «Gehäuse» über einem an einen Schildkrötenpanzer erinnernden Grundriss einbeschrieben. Überlagert wird dieses von der Wellenform, der die Wände verkleidenden Gipselemente.

Katalog

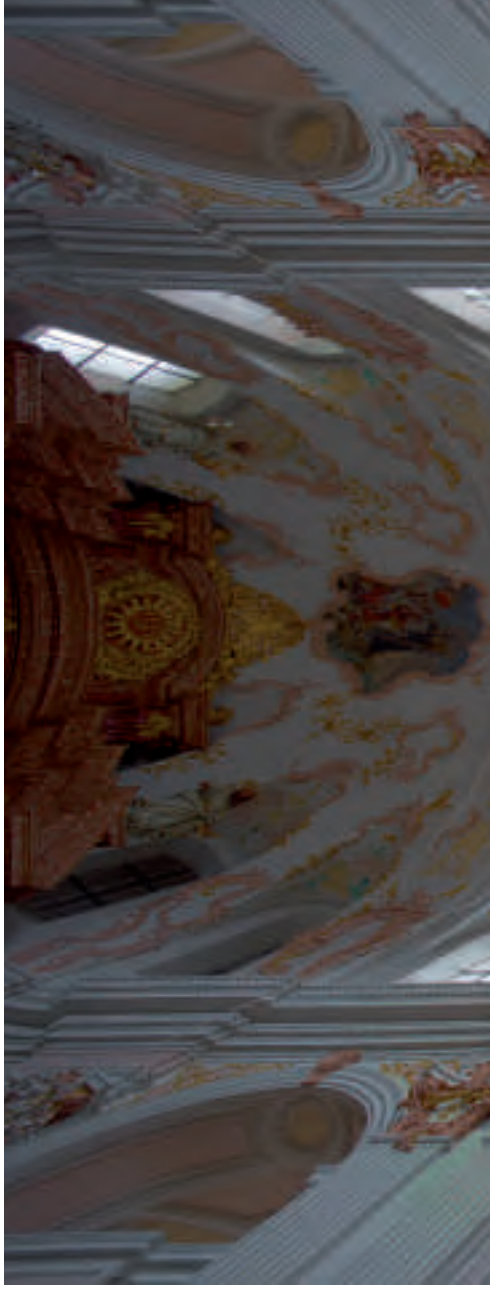
Konzertsaal – «kleiner» Saal mit «grossem» Orchester

Architektonisch-konstruktiv handelt es sich beim Konzertsaal aus statischen Gründen um eine Stahlportalkonstruktion. Das heisst, die Schale ist entkoppelt, indem sie vollständig an den Stahlrahmen aufgehängt ist – mit Ausnahme der Bodenplatte. Diese ist schwimmend auf elastischen Lagern gelagert. Nutzungsmässig ist der Saal in einen Publikums- und einen Backstage-Bereich gegliedert; er verfügt unter anderem über einen Warenlift und hat eine eigene Tonregie.
Akustisch ist der Saal ein Hybrid: Von seiner Grösse her spielt er in der Kategorie eines Kammermusiksaals. Mit einem Volumen von 5500 Kubikmetern ist er rund einen Drittel so gross wie die Zürcher Tonhalle. Die Dimension der Bühne hingegen entspricht mit 15 x 9 Metern ungefähr derjenigen des Hauses am Bürkliplatz.

Schildkrötenpanzer und Wellenform
Das akustische Konzept des Saals basiert einerseits auf einer räumlichen Dreigliedrigkeit von Aussen nach Innen. Andererseits kombinierte das Team um Martin Lachmann immobile mit mobilen beziehungsweise fixe mit veränderbaren Installationen.
Die Konzeption zeigt sich folgendermassen: Der Konzertsaal hat die Form eines Quaders. Diesem ist im Innern ein «Gehäuse» über einem an einen Schildkrötenpanzer erinnernden Grundriss einbeschrieben. Überlagert wird dieses von der Wellenform, der die Wände verkleidenden Gipsfaserelemente.
Ursprünglich sollte dieser eine weitere, massstäblich kleinere Wogenstruktur eingeflochten werden. Das heisst, es war eine fraktale Oberflächenstruktur gedacht. Es erwies sich jedoch, dass es dieser zusätzlichen feinstrukturierten Schicht nicht bedurfte – im Gegenteil. Sie hätte eher absorbierende Wirkung gehabt, als – was das Ziel war – die Diffusion unterstützt. Durch die Wellenform der Oberfläche des Saals entsteht ein diffuses Schallfeld, das ein umhüllendes Klangerlebnis erzeugt.

Innovativ und ästhetisch
Um den Klang auszubalancieren, setzten die Akustiker in den unteren Wandbereichen so genannte Dukta-Elemente ein – Elemente aus bieg- und formbaren Holzwerkstoffen, die unter Begleitung von applied acoustics in einem KTI-Projekt (Kommission für Technologie und Innovation) entwickelt wurden. Die auch ästhetisch überzeugenden Verkleidungen sind auf der Rückseite mit diversen Materialien hinterlegt.
Im hinteren Bereich des Saals wirken sie leicht absorbierend für hohe und mittlere Frequenzen und führen zu einer leichten Reduktion des Nachhalls. Um die Bühne herum wurde die Dämpfung auf den Tieftonbereich fokussiert, damit der Klang nicht «verschwimmt», sondern möglichst transparent ist.

Flexible Akustik
Als auf das «Gehäuse» wirkende Elemente figurieren die Vorhänge an den Wänden. Sie gehören ebenso wie die fünf, über der Bühne angeordneten fahrbaren Deckensegel (Reflektoren) zur flexiblen Akustikausstattung.
Bei den Vorhängen handelt es sich wiederum um eine Spezialanfertigung. Sie basiert auf den Forschungen der Textildesignerin Annette Douglas und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) auf dem Gebiet akustisch wirksamer und ästhetisch befriedigender Gardinen.
Sie ermöglichen eine Halbierung der Nachhallzeit von zwei auf eine Sekunde, was Sprachaufführungen ebenso zugute kommt, wie es für den Probenbetrieb vorteilhaft ist. Denn in diesem Fall kann die fehlende Absorption durch die Zuschauer kompensiert und der Pegel bei grossen Besetzungen reduziert werden.



Historischer und moderner «Stuck» in der Jesuitenkirche in Luzern, im Alten Gewandhaus in Leipzig und im Konzertsaal der Zürcher Hochschule der Künste:

Blick in den Konzertsaal des Alten Gewandhauses, Aquarell über Feder von Gottlob Theuerkauf (1833–1911), 1894/95

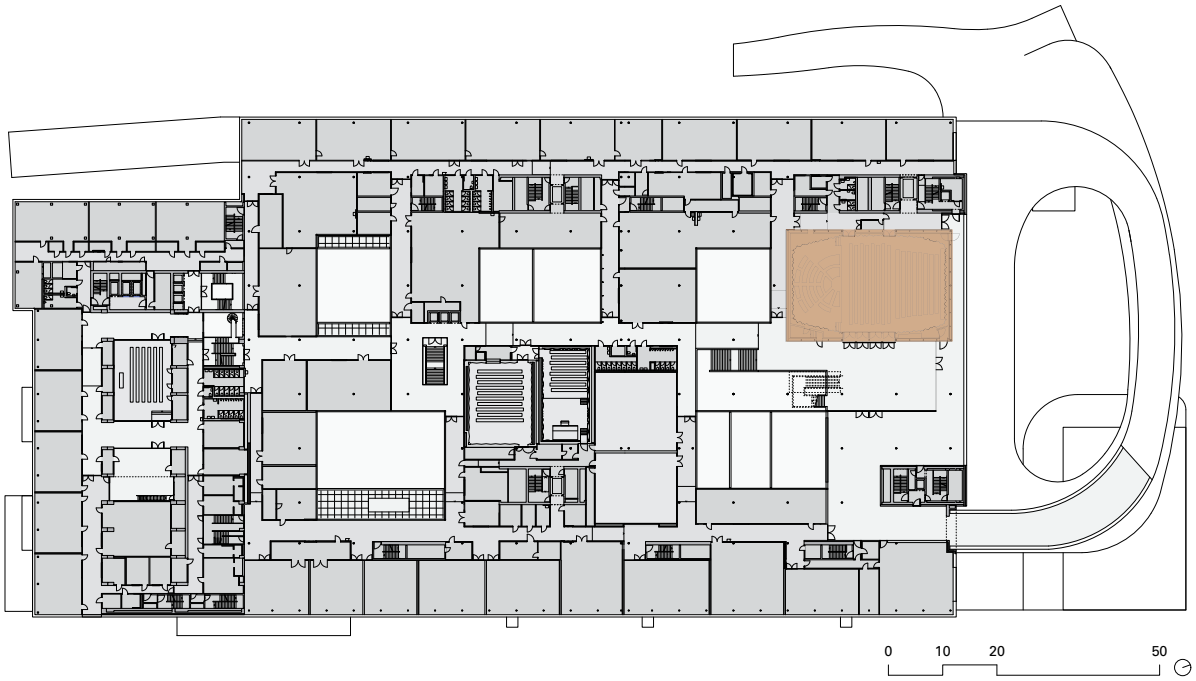
Deckenpanorama der Jesuitenkirche Luzern

Die gewellten Gipselemente im «Grossen Konzertsaal» korrespondieren optisch mit den verstellbaren Deckensegeln.

Bewegliche «Flügel»
Auch die Deckensegel sind von speziellem Zuschnitt. Da Auskragungen an den Saalwänden, die – ähnlich den Balkonen in klassischen Sälen – zusätzliche Reflexionsflächen geschaffen hätten, aus gestalterischen Gründen nicht erwünscht waren, haben applied acoustics Deckensegel entwickelt, welche durch die an den Enden montierten und absenkbaren «Flügel», die Funktion einer solchen Auskragung übernehmen.
Streuenden Effekt haben schliesslich die als quadratische Kästen ausgebildeten und jeweils mit einem zum Raum hin abgewinkelten Dreieck versehenen, an der Decke schachbrettartig verlegten Elemente. Sie erlauben, den Saal gegebenenfalls am Anfang noch zu «stimmen».

Die Lage des offiziell als Konzertsaal 3 bezeichneten «Grossen Konzertsaals», auf der Ebene 7 der Zürcher Hochschule der Künste

Die gewellten Gipselemente sind als geschlossene Kästen ausgebildet, durch die die Luft von oben nach unten strömt und auf der Höhe der unten anschliessenden Dukta-Holzelemente austritt. Die Oberfläche der Gipselemente wird dadurch thermisch aktiviert, sodass sie gleichzeitig als Kühlelemente dienen.



Die Gipselemente im Massstab 1:1 im Akustik-Test am Fraunhofer-Institut in Stuttgart

Die Deckensegel im «Grossen Konzertsaal» fungieren als eine der mobilen Komponenten zur Steuerung der Akustik.

Inspirationsquelle für die Kunststoffkuppeln im Orgelkonzertsaal: Der Saal in der von Anderhalten Architekten, Berlin, umgebauten Hochschule für Musik Hanns Eisler: Halbtransparente Kunststoffelemente in Form von Kugeln und Kalotten aus Polycarbonat dienen je nach Oberflächenbehandlung als Schallreflektor- oder Absorberelemente.

Orgelkonzertsaal – originelle Fantasie, reales Vorbild

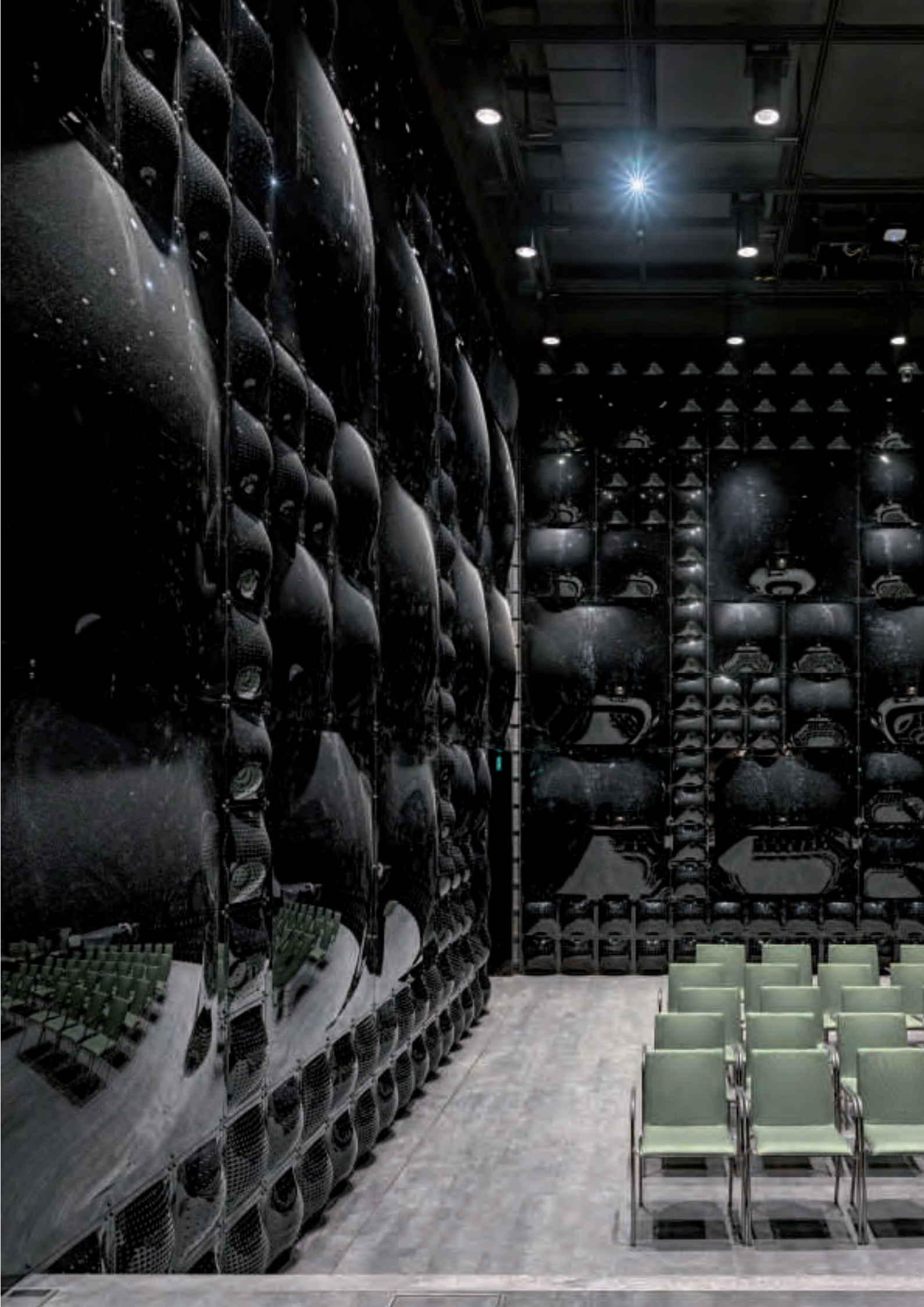
Der Orgelkonzertsaal ist zweifelsohne der extravaganteste Raum in der Zürcher Hochschule der Künste. Mit den die Wände übersäenden, schwarzen, glänzenden Kunststoffkuppeln evoziert er vielerlei Assoziationen – nicht zuletzt mit dem Orgelsaal, den sich Jules Verne für Kapitän Nemo ausdachte. Die Architekten hatten allerdings ein sehr reales Objekt im Kopf: den Saal an der Hochschule für Musik Hanns Eisler in Berlin, der mit beigen Kunststoffkuppeln ausgestattet ist.

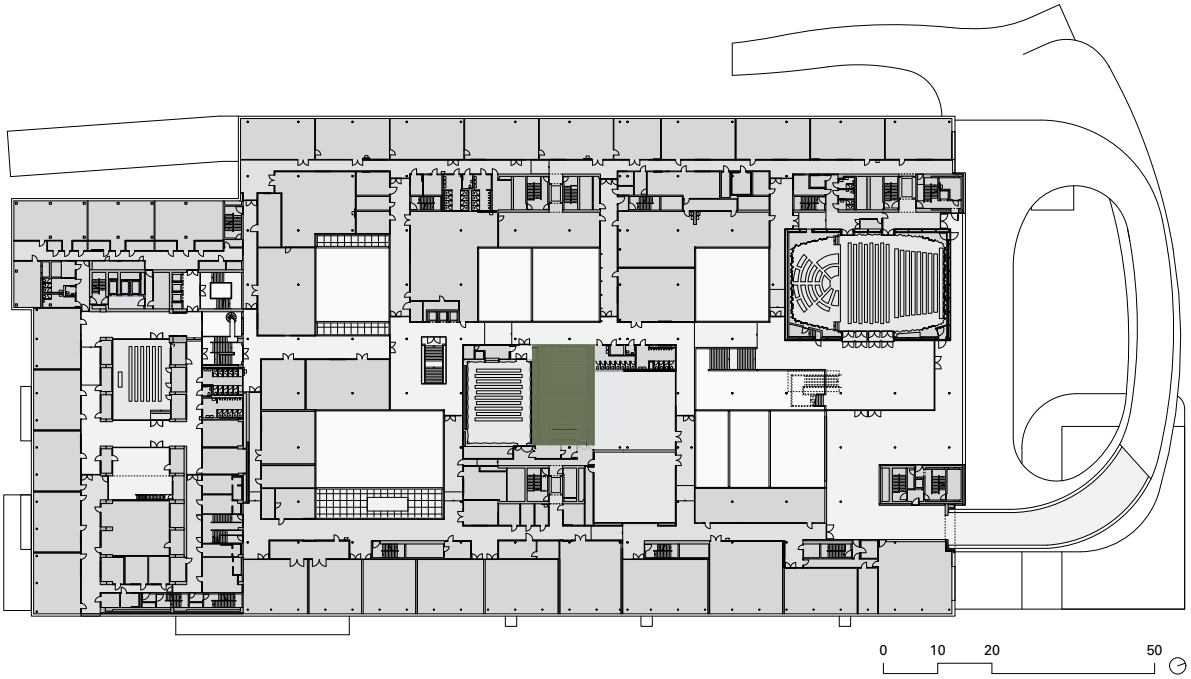
Ein Abenteuer
Martin Lachmann war zunächst wenig angetan von der Idee und befürchtete einen nach «Plastik» tönenden Klang. Umso erstaunter war er beim Besuch vor Ort über die gute Qualität des Raums an der Berliner Hochschule. Eine gewisse Skepsis blieb, weil in Berlin lediglich die Schmalseiten, das heisst Front- und Rückwand mit diesen Kuppeln bestückt sind. Ausserdem sind sie dort in einem Standardraster angebracht, das heisst in durchgehend gleichen Grössen. In der Zürcher Hochschule der Künste sollten sie aber variieren.
Überdies wurden im Hanns-Eisler-Saal zu viele verschiedene Materialen eingesetzt, als dass er mit dem Orgelsaal in Zürich verglichen werden könnte, wo grösstmögliche Einheitlichkeit des Materials angestrebt war. «Insofern war es trotzdem ein Abenteuer», gesteht Lachmann. Bestanden haben es die Akustiker, indem sie mit einer Mischung aus einzelnen Messungen und Annäherungen, sprich: Berechnungen und Schätzungen, aufgrund von Erfahrung vorgegangen sind.

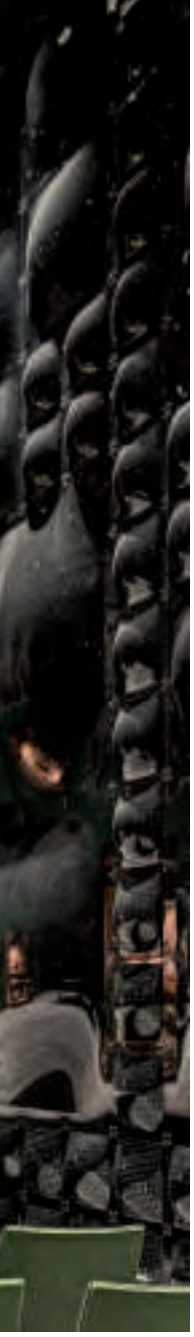
Zwischen Barock und Futurismus
Die Nutzung war in akustischer Hinsicht eine besondere Herausforderung, da für das Orgelspiel eine relativ lange Nachhallzeit und ein fein gezeichneter Klang erwünscht sind. Trotz der futuristischen Erscheinung des Saals basiert seine akustische Idee auf dem Klang einer Barockkapelle.
Um allzu starke Absorption in den tiefen Frequenzen zu vermeiden, wurden die Kuppeln mit Spritzmasse beschwert. Für den Feinabgleich des Hoch- und Mitteltonbereichs sind einige Kuppeln mit Lochungen unterschiedlicher Art versehen.
Wichtigstes Element des Saals ist die von der Firma Goll aus Luzern eigens für die Zürcher Hochschule der Künste konzipierte und gebaute Orgel. Als speziell für den Unterricht entworfenes Instrument erlaubt es den Studierenden und den Unterrichtenden das Spiel von Orgelwerken aus allen Epochen der Musikgeschichte.

Nichts taucht unter
Nach Vollendung des Saals haben sich die Prognosen weitgehend bestätigt: Er zeichnet sich durch einen hohen Grad an Diffusion und einen schlanken Bass aus, das heisst die Nachhallzeit flacht tendenziell eher ab, als wie gewohnt anzusteigen.
Dieses für Orgelmusik eher ungewohnte Klangbild mag zuerst etwas irritieren, zeigt dann aber bei genauerem Hinhören seine Qualitäten: Denn ein eher transparenter Bass bietet vielfältigere Möglichkeiten der musikalischen Gestaltung – und vor allem ist er für den Unterricht von Vorteil, weil man wirklich alles hört und nichts verschwimmt beziehungsweise untertaucht.

Die Perforierung der Kunststoffkuppeln im Orgelkonzertsaal erfolgte im CNC-Fräsverfahren. Erwogen wurde auch, die Löcher zuerst zu stanzen und erst danach die Kuppeln zu formen. Dabei hätten sich die Löcher jedoch verzogen – mit kaum kalkulierbaren Folgen sowohl für die Akustik, als auch für die Ästhetik.




0
10
20
50



Cluster Tonstudio – goldfarbene Schmuckschatulle

Der Tonstudio-Cluster besteht im Wesentlichen aus drei Aufnahmeräumen und vier Tonregien. Der Hauptstudioraum ist mit der goldfarbenen Plattenverkleidung das Schmuckkästchen. Er ist nicht nur visuell ansprechend, sondern auch akustisch lebendig.
Bei seiner akustischen Planung kam dem applied-acoustics-Team zugute, dass mehrere Mitarbeiter Erfahrung als Tontechniker haben. Das gilt auch für Martin Lachmann, der sagt, ohne die Hörerfahrung in einem Tonstudio, die einem einen intuitiven Zugang ermögliche, sei es schwierig, das Optimum herauszuholen.

Absorption
Da normale Akustiksimulationssoftware für die Planung solcher, verhältnismässig kleiner Räume ungeeignet ist, näherten sich applied acoustics dem Raum akustisch einerseits über statistische Berechnungen an. Andererseits setzten sie eine selber entwickelte Software ein, die auf kleine Räume zugeschnitten ist und die Eigenmodi tiefer Frequenzen errechnen, das heisst, bestimmen kann, bei welchen Frequenzen der Raum zu dröhnen beginnen würde. Daraus liessen sich Abstimmung und Positionierung der Bassabsorber ableiten. Denn diese Tieftonmembranen müssen dort angeordnet werden, wo die Schalldruckmaxima auch tatsächlich auftreten.
Teilweise ist davor Akustikschaum für die hohen Frequenzen aufgebracht, sodass breitbandige Kombiabsorber entstehen. Die mittleren Frequenzen werden von den perforierten Elementen absorbiert, die überdies etwas Schallstreuung liefern.

Diffusion
Wichtig für einen Tonstudio-Aufnahmeraum ist die gute Balance zwischen Klangneutralität und eigenem Charakter. Die gespielte Musik soll einerseits durch den Raum nicht verfärbt werden, andererseits muss die Akustik des Raums für die Musiker inspirierend und beflügelnd sein. Der Qualität des Nachhalls kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.
Martin Lachmann erläutert die Problematik mit einem anschaulichen Vergleich: «Hall zu bekommen, ist nicht schwer, wenn man an eine Badezimmersituation denkt. Aber das ist kein schöner Hall. Einen schönen, feingliedrigen Hall erzielt man, indem man ihn in möglichst viele kleine Reflexionen auffächert und zwar in möglichst allen Frequenzen. Und das ist hier der Clou.»
Erzielt wird dieses differenzierte Schallfeld unter anderem mittels so genannter Schroeder-Diffusoren, benannt nach ihrem Erfinder Manfred Schroeder.
Während im kleineren der beiden Studios diese Diffusoren markant in Erscheinung treten, springen im Grösseren die goldfarbenen Paneele ins Auge. Die Farbgebung spiegelt die akustische Eigenart, insofern, als er lebendiger ausgelegt ist als der fast gänzlich schwarz-grün gehaltene Raum nebenan.

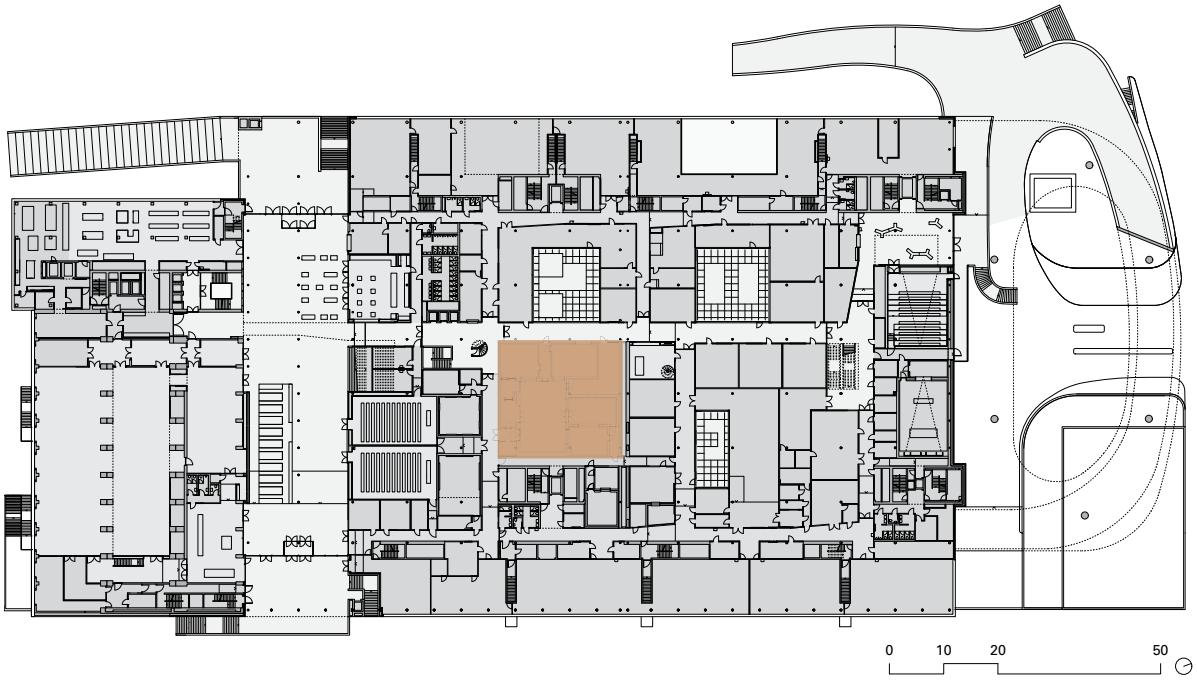
Isolationsbooths
Um zu verhindern, dass laute Instrumente auf alle Aufnahmemikrofone «übersprechen», wie es beispielsweise beim Schlagzeug der Fall wäre, beziehungsweise, um umgekehrt leise Instrumente wie Flügel oder Akustikbass vor «Immissionen» zu schützen, wurden angrenzend an den grossen Aufnahmesaal kleinere Aufnahmeräume, sogenannte «Isolationsbooths», eingerichtet. Die Kommunikation mit den Musikern im Saal wird durch Blickkontakt durch grosse Glastüren gewährleistet.

Die speziell für den Unterricht konzipierte Goll-Orgel ist das Herzstück des Orgelkonzertsaals.

Die Lage des mit Konzertsaal 2 betitelten Orgelkonzertsaals auf der Ebene 7 der Zürcher Hochschule der Künste

Das differenzierte Schallfeld wird in den Tonstudios unter anderem mittels so genannter Schroeder-Diffusoren erzielt. Während im kleineren der beiden Studios diese Diffusoren markant in Erscheinung treten, springen im Grösseren die goldfarbenen Paneele ins Auge. Die Farbgebung spiegelt die akustische Eigenart insofern, als er lebendiger ausgelegt ist als der fast gänzlich schwarz-grün gehaltene Raum nebenan.

Die Lage des Tonstudio-Clusters auf der Ebene 3 der Zürcher Hochschule der Künste

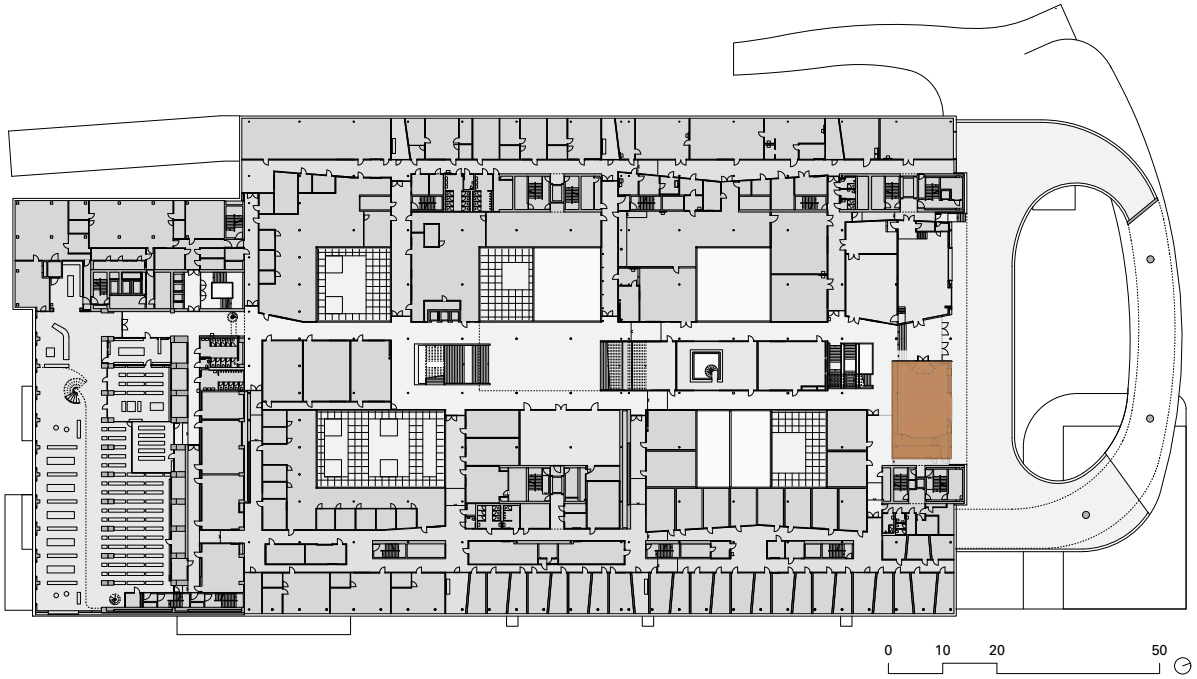

0
10
20
50

Kammermusiksaal – «Arvenstube»

Im Kammermusiksaal machten sich die knapp bemessenen Raumhöhen bemerkbar: Denn mit wenigen Ausnahmen wurde fast zwischen alle ursprünglichen Geschosse der Toni-Molkerei jeweils ein Stockwerk eingezogen. Boden- und Deckenaufbauten sowie haustechnische Installationen etc. verringerten die Raumhöhen zusätzlich.
Den warmen Klang eines ganz in Holz verkleideten Saals, intern bald «Arvenstube» genannt, sah das Akustikteam als wirkungsvolle «Gegenmassnahme» zu den eher ungünstigen baulichen Rahmenbedingungen. Ein feines Faltwerk, das gestalterisch an Origami erinnert, versorgt die Zuhörenden mit einem Cluster von frühen Reflexionen, die dem Gehör akustisch einen Raum vorspiegeln, der grösser erscheint, als er von seinen geometrischen Dimensionen her tatsächlich ist. Über dem Bühnenbereich, der Quelle des Klangs, ist diese «Fältelung» besonders ausgeprägt und fungiert so gleichzeitig als Deckenreflektor für die Musiker.
Einige wenige perforierte Flächen (teilweise in Mikroperforation) sorgen für die Feinabstimmung des Saals im Mittel- und Hochtonbereich. Nicht zuletzt die Sänger fühlen sich in diesem intimen, kleinen Kammermusiksaal besonders wohl.

Detail des als Kammermusiksaal 1 firmierenden Saals, das neben der Faltung des Deckenfelds über der Bühne die perforierten Flächen zeigt, die für die Feinabstimmung des Saals im Mittel- und Hochtonbereich sorgen.

Die Lage des Kammermusiksaals auf der Ebene 5 der Zürcher Hochschule der Künste

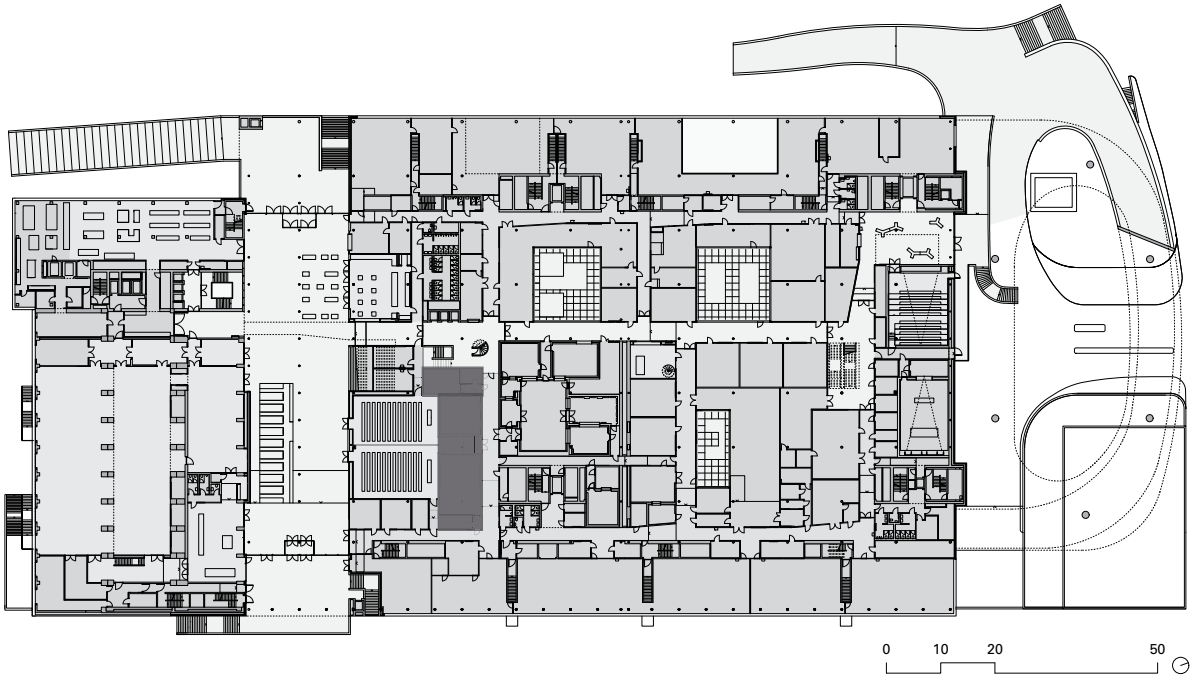


Institute for Computer Music and Sound Technology (ICST) – die Werkstatt

Die Zürcher Hochschule der Künste umschreibt die Funktion des 2005 gegründeten Institute for Computer Music and Sound Technology (ICST) als Stätte der Forschung und Entwicklung im Bereich der Computermusik und der neuen Medientechnologien. Am ICST durchgeführte Forschungsprojekte beschäftigen sich mit dreidimensionaler Klangprojektion (Surround), digitaler Klanggenerierung und -steuerung sowie mit Psychoakustik und künstlicher Intelligenz. Zu den Kerngebieten des ICST gehören überdies Komposition, Aufführung und Vermittlung elektroakustischer Musik.
Für das Forschungslabor, als das das ICST fungiert, war eine neutrale Akustik gefordert, das heisst die Räume sollen nicht selber klingen. Eine Verfärbung dessen, was über die Lautsprecher kommt, muss verhindert werden.
Das bedeutet, dass es eine homogene Verteilung der Absorption mit moderater Diffusion brauchte. Alle Frequenzen mussten gleich behandelt werden, um einen linearen Klang zu erzielen.
Für die Materialisierung hiess das, poröse Oberflächen – gelocht, geschlitzt – für die hohen und mittleren Frequenzen einzusetzen und geschlossene, die schwingen und so die Bässe «vernichten», für den Tieftonbereich.
Dem Werkstattcharakter entsprechend wurden übliche Holzwerkstoffe ohne Verkleidung eingesetzt und im Grundausbau belassen. Als zusätzliche Dämpfungsmöglichkeit wurden wiederum Vorhänge montiert.

Die Räume des ICST sind optisch auf ihren Werkstattcharakter ausgerichtet. Akustisch stehen die porösen Oberflächen – gelocht, geschlitzt – für die hohen und mittleren Frequenzen, während die geschlossenen, die schwingen und so die Bässe «vernichten«, für den Tieftonbereich relevant sind.

Die Lage des ICST auf der Ebene 3 der Zürcher Hochschule der Künste

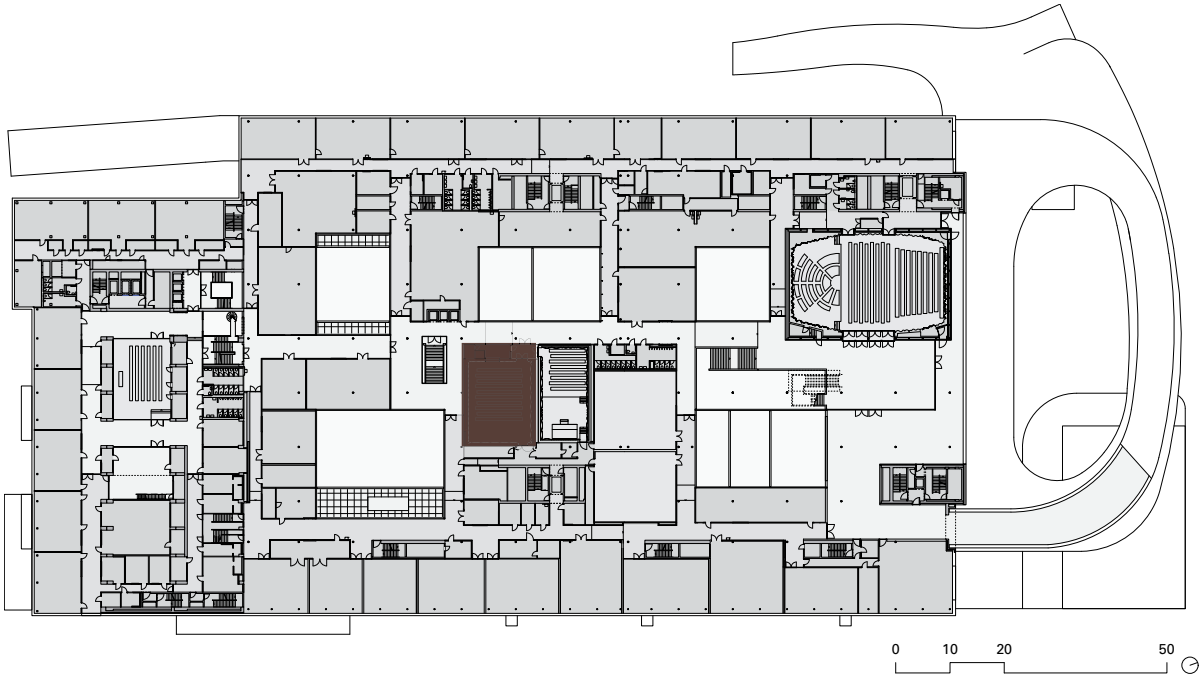

0
10
20
50

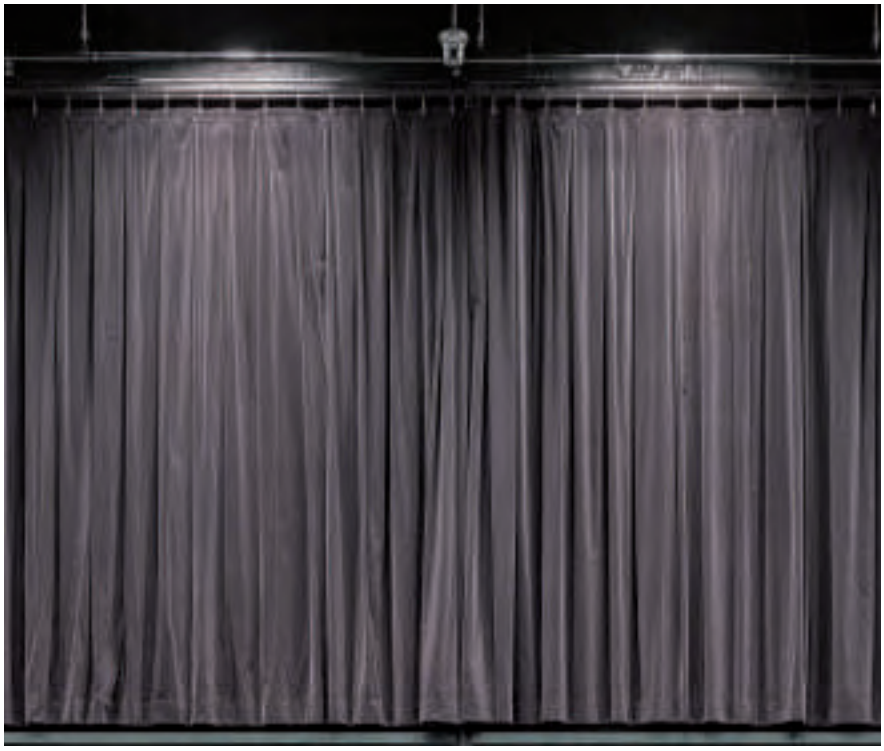
Elektroakustischer Saal – «wandernder» Schall

Wenn das Institute for Computer Music and Sound Technology (ICST) die Werkstatt ist, dann ist der elektroakustische Saal ihr Aufführungsort. Entsprechend lauteten die Prämissen ähnlich wie für das ICST.
Es galt, einen akustisch sehr multifunktionalen Raum mit variabler Akustik zu schaffen. Optisch soll er ebenso in den Hintergrund treten wie akustisch. Das drückt sich in der Behandlung als schwarzen Kubus aus. Der Raum soll unmittelbar von dem leben, was aufgeführt wird. Man kann sich ihn also gewissermassen als die Bühne eines imaginären Theaters denken.
Gestalterisch ist er das Analogon zum Tonstudio – sowohl, was die Gliederung als auch, was die Auslegung betrifft. Die Wände sind in horizontale Bänder gegliedert, deren Oberflächen die akustische Funktion spiegeln: Im unteren Bereich haben die Holzelemente absorbierende Wirkung, nach oben hin sorgen die Verwinkelungen und Schrägstellungen dafür, dass der Schall «wandern» kann und sich ein «Nachhallreservoir» bildet.

Der elektroakustische Saal – in der Terminologie der Schule handelt es sich um den Konzertsaal 1 – ist gleichsam der Aufführungsort der Werkstatt des ICST.

Die Lage des elektroakustischen Saals auf der Ebene 7 der Zürcher Hochschule der Künste





Musikklub – Anleihe am Automobilbau

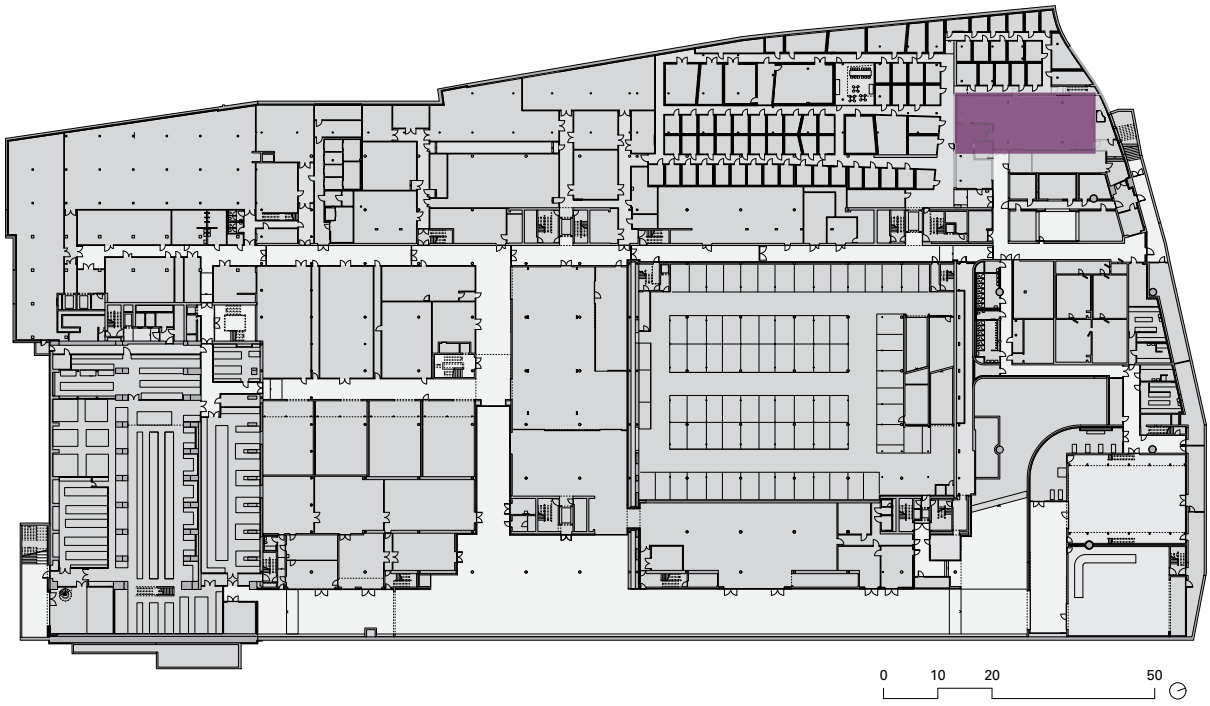
Im Musikklub, wo Bands unterschiedlicher Couleur üben und auftreten, war ein sehr trockener Sound gewünscht, um optimale akustische Bedingungen für verstärkte Konzerte zu erhalten. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Dämpfung des Bassbereichs, um ein «Wummern» des Klangs zu verhindern.
Die wesentlichen akustischen Elemente im vollkommen in Schwarz gehaltenen Musikklub sind daher Tieftonabsorber sowie Vorhänge vor den Wänden und zementgebundene Holzfaserplatten an der Decke. Durch ihre schwarze Färbung strafen die Platten ihren Ruf eines wenig ästhetischen Allerweltsmaterials Lügen: Sie machen einen ausnehmend gediegenen Eindruck. So eingesetzt, überwiegen die Vorteile der akustischen Wirksamkeit und der finanziellen Ökonomie den Nachteil der mechanischen Anfälligkeit.
Um die Installationsdichte zu optimieren, wurden die Lüftung und die Akustik im Bassbereich miteinander kombiniert, das heisst die Tieftonabsorber wurden auch vor dem Kanalsystem der Lüftung montiert. Die Absorber bestehen aus einer Verkleidung aus Sperrholzplatten, die je nach Frequenz auf der Rückseite mit unterschiedlich starken Beschwerungsfolien bespannt sind.

Dem Fahrzeugbau entlehnt
Für die höheren Frequenzen ab ca. 100 Hertz reichen Platten ohne Beschwerung. Je tiefer die Frequenz jedoch sinkt, desto stärker müssen die Folien bemessen werden. Bei den Folien handelt es sich um ein ursprünglich für den Fahrzeugbau entwickeltes Dämpfungsmaterial, das dort als «Antidröhn»-Folie bezeichnet wird und das Mitschwingen der Bleche, beispielsweise der Motorhauben, eindämmen soll. Die Zusammensetzung variiert zwischen einer Kombination aus Kunststoff und Steinmehl beziehungsweise Bitumen und Steinmehl. In der Raumakustik ersetzt es heute die Dachpappe, die früher Verwendung fand.

Variabilität
Als variable Komponente fungieren die Vorhänge. Wird akustisch gespielt, kann man die Wände schallhart belassen, bei hohen Pegeln lässt sich mit den Vorhängen eine zusätzliche Dämpfung erzielen.
Die Akustiker haben aber nicht nur die Soundumgebung optimiert, sondern auch die Aufenthaltsqualität für Leute, die sich zwischendurch auch einmal miteinander unterhalten wollen. Unterhalb des Balkons befindet sich der etwas ausserhalb des Beschallungsfeldes gelegene Barbereich, der akustisch stark gedämpft wurde, sodass man sich dorthin in eine etwas ruhigere Atmosphäre zurück ziehen kann.

Die künstliche Beleuchtung taucht den schwarz ausgeschlagenen Musikklub in eine «poppige» Farbstimmung. Akustisch bestand die Herausforderung darin, das Wummern der Bässe zu minimieren.

Die Lage des Musikklubs auf der Ebene 1 der Zürcher Hochschule der Künste


0
10
20
50

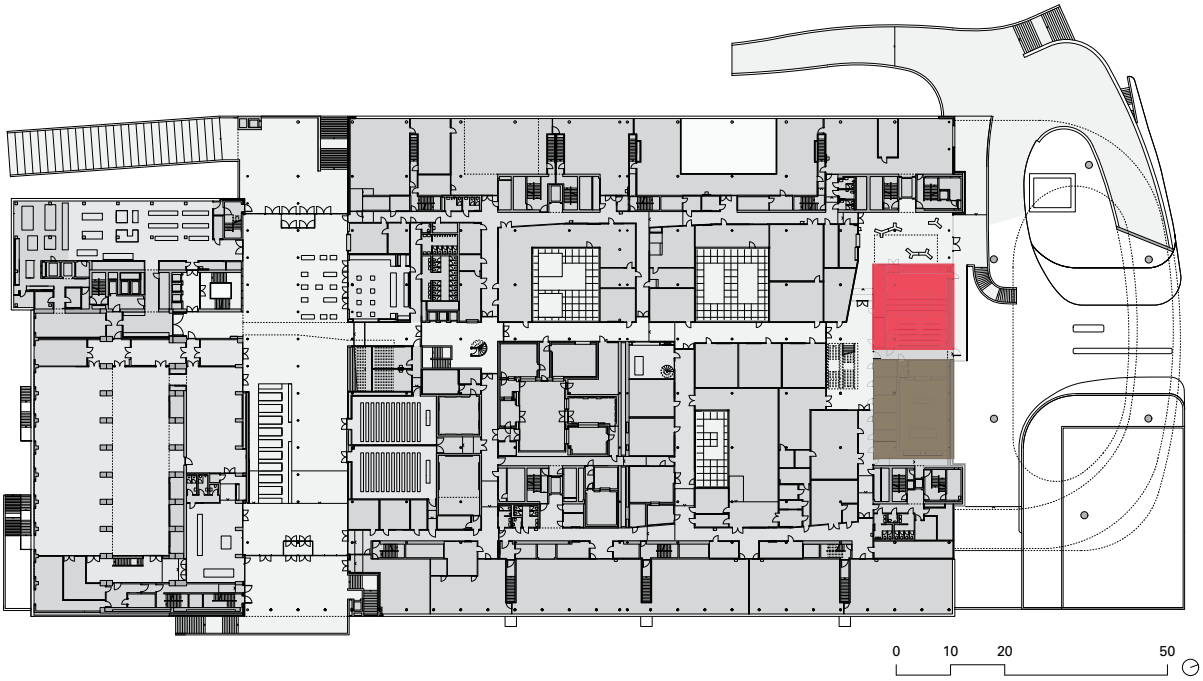
Kino und Mischkino – die Zwillinge

Im Toni-Areal steht den Studierenden und der Öffentlichkeit ein Studiokino zur Verfügung, dessen technische Ausrüstung auf dem Stand der Zeit ist. Dies gilt insbesondere auch für das installierte Kino-Lautsprechersystem und die damit verbundene Raumakustik. Im Kino ist das Ziel, mittels Surround-Lautsprechern gleichermassen ein umhüllendes Schallfeld zu erzeugen, wie auch richtungsbezogene Effekte wieder zu geben.
Historisch wurde der Raumklang auf vier Kanäle aufgeteilt, auf den Mittleren, den Linken, den Rechten und den Hinteren. (Heute wird in modernen Kinosystemen mit sechs und mehr Kanälen gearbeitet.) Diese Gliederung haben einst Filmtonmeister etabliert, die den Sound mit Fahrten von links nach rechts, beziehungsweise im Surround, von vorne nach hinten revolutionierten. Dieser Trend wird sich in Zukunft noch verstärken. Daher wurden im Kino der Zürcher Hochschule der Künste Deckenkanäle angelegt, die es dereinst erlauben werden, die bestehenden Audiokanäle um weitere Höhenkanäle zu ergänzen.
Die Kinofrontwand, über die sich die Leinwand spannt, ist als Sandwichkonstruktion aus verschieden starken Holzplatten und einer Schwerfolie dazwischen ausgebildet. Die Idee war, den in diese Wand eingelassenen Lautsprecherboxen gewissermassen ihre Schallwand, ihr Gehäuse zu vergrössern, um die Abstrahlung zu verbessern.

Das gespiegelte Pendant
Die Produktion des Filmtons ist eine komplexe Angelegenheit. Die Aufnahmen finden sowohl im Freien, als auch im Studio statt, es werden Geräusche komponiert, die oft aus einer Vielzahl einzelner Komponenten bestehen, und schliesslich müssen Dialoge, Musik und Effekte aufeinander abgestimmt werden – eine Praxis, die im Filmbereich seit vielen Jahren etabliert und auch standardisiert ist.
Für diese Arbeit steht das Mischkino zur Verfügung, das sich rückseitig ans Kino anschliesst und von der Ausrichtung her gegenüber jenem gespiegelt ist. Es hat dieselben Abmessungen wie das Kino und mit Ausnahme des zusätzlichen Mischpults sind auch die Anlage der Leinwand und der Lautsprecher identisch. Das ist deshalb wichtig, damit das, was hier gemischt wird, später im eigentlichen Kino 1:1 hörbar ist.
Das bedeutet, dass im Mischkino in derselben akustischen Umgebung produziert wird, wie man sie danach für das Abspielen vorfindet.

Das Mischkino ist das gespiegelte Pendant des Studiokinos – mit Ausnahme des zusätzlichen Mischpults. Ausserdem verfügt es unter der Bodenabdeckung über verschiedene Bodenbeläge wie Sand und Kies, die für die Aufnahme von Geräuschen genutzt werden können.

Die Lage von Kino und Mischkino auf der Ebene 3 der Zürcher Hochschule der Künste


0
10
20
50

Abbildungsnachweis

Palau de la Música Catalana, S. 4
Lohen11, Wikimedia Commons, lizenziert unter Creative-Commons-Lizenz by-sa-3.0-de,
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en

Athanasius Kircher, S. 7
http://web.stanford.edu/group/kircher/cgi-bin/site/?attachment_id=677

Newgrange, S. 7
William Frederick Wakeman «Wakeman Newgrange tumulus chamber cross section», Wakeman's handbook of Irish antiquities (1903). p. 85.
www.archive.org/details/wakemanshandbook00wake. Lizenziert unter Gemeinfrei über Wikimedia Commons.

Drahtmodell, S. 7, Gipselemente, S. 17, Akustik-Test am Fraunhofer-Institut, S. 29
applied acoustics

Theater in Jerash, S. 9
Rahel Hartmann Schweizer

Newgrange, S. 11
Sitomon, Wikimedia Commons, lizenziert unter Creative-Commons-Lizenz by-sa-3.0-de
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de)

Wallace Sabine, S. 13
Wallace Sabine, Collected Papers on Acoustics, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1922, S. 185

Kleinhans Music Hall, S. 15
Jonathan Bona, lizenziert unter GNU Free Documentation License
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en

Rensselaer Polytechnic Institute (RPI), S. 17
www.arch.rpi.edu/academic/graduate/architectural-acoustics/

Mandelbrot, S. 20
Medvedev, Wikimedia Commons, lizenziert unter Creative-Commons-Lizenz by-sa-3.0-de
http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en

spektrale Darstellung der Komposition Metastaseis S. 21
www.youtube.com/watch?v=n2O8bMlEijg zu sehen

Saal, altes Gewandhaus, S. 24
»Konzertsaal Altes Gewandhaus» von Gottlob Theuerkauf (1833–1911) - Stadtgeschichtliches Museum Leipzig, Inv. 1781. Lizenziert unter Gemeinfrei über Wikimedia Commons
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Konzertsaal_Altes_Gewandhaus.jpg

Jesuitenkirche, Luzern, S. 25
Christian Schuett, Wikimedia Commons, lizenziert unter GNU-Lizenz für freie Dokumentation
http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de

Hochschule für Musik Hanns Eisler, S. 28
Werner Huthmacher

Titelbild und Fotografien der Säle in der Zürcher Hochschule der Künste
S. 11, 13, 15, 21, 22, 24, 27, 29, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45
Roger Frei

Pläne, S. 26, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 45
EM2N | MATHIAS MÜLLER | DANIEL NIGGLI ARCHITEKTEN AG | ETH | SIA | BSA

Baudirektion Kanton Zürich
Hochbauamt
Dr. Matthias Haag, Kantonsbaumeister
Werner Arnold, Abteilungsleiter Baubereich 2
Dr. Beat Wüthrich, Abteilungsleiter Stab
Bruno Schulthess, Ressortleiter, Gesamtprojektleiter
Albert Bamert, Projektleiter Mieterausstattung
Silvia Beyer, Projektleiterin Museum, Sammlungen, Gastro
Michael Kunz, Fachprojektleiter
Peter Fugazza, Fachprojektleiter
Bruno Juen, Fachprojektleiter

Immobilienamt
Thomas Maurer, Amtschef
Peter Sibold, Adjunkt
Giorgio Engeli, Abteilungsleiter
Alain Siegenthaler, Portfolio Manager

Bildungsdirektion Kanton Zürich
Generalsekretariat
Wolfgang Annighöfer, Chef Finanzen & Bauten
Kurt Janser, Fachperson Immobilienprojekte

Zürcher Hochschule der Künste
Departemente Darstellende Künste und Film, Design, Kulturanalysen und Vermittlung, Kunst und Medien, Musik
Prof. Dr. Thomas D. Meier, Rektor
Matthias Schwarz, Verwaltungsdirektor
Alessandra Zanotelli, Leiterin FM, Nutzervertreterin
Marco Castellano, Leiter Raum Bau, Nutzervertreter

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Departemente Soziale Arbeit u. Angewandte Psychologie
Prof. Dr. Jean-Marc Piveteau, Rektor
Reto Schnellmann, Verwaltungsdirektor
Bruno Doswald, Standortleiter FM Zürich, Nutzervertreter

Support
Sandra Mischke, Ernst Basler + Partner
Hans-Rudolf Grolimund, Vialia AG Baumanagement

Eigentümer, Vermieter
Allreal Toni AG
Bruno Bettoni, Vorsitzender der Gruppenleitung Allreal
Alain Paratte, Leiter Immobilien

Totalunternehmer
Allreal Generalunternehmung AG, Zürich
Hans Ulrich Dambach, Gesamtprojektleiter Toni-Areal
Tossan Souchon, Leitung Realisation
Daniel Dorrhauer, Projektleiter Qualitätsmanagement
Pascal Petschen, Projektleiter Planung
Josef Kaps, Projektleiter Planung

Das applied acoustics Team für das Toni Areal
Martin Lachmann (Geschäftsführer / Gesamtprojektleiter)
Markus Spinnler (Projektleiter)
Elias Ruh (Projektleiter Elektroakustik)
Christiane Bangert
Dominik Kessler
Martin Peter
Reto Pieren
Anders Christian Gade, Gade & Mortensen Akustik A/S, Copenhagen (Berater Konzertsaal 3)

Architektur und Gesamtleitung
EM2N | MATHIAS MÜLLER | DANIEL NIGGLI ARCHITEKTEN AG | ETH | SIA | BSA
Christof Zollinger, Gesamtprojektleiter
Björn Rimner, Stv. Gesamtprojektleiter
Enis Basartangil, Projektleiter Rohbau, Museum, Gastro
Jochen Kremer, Projektleiter Fassade
Nils Heffungs, Projektleiter Ausbau

Fachplaner
Portmann Planung GmbH und Büro 349 GmbH; HLKK-Planer
GRP-Ingenieure; Sanitärplaner
Bürgin & Keller AG; Elektro- und Beleuchtungsplaner
Walt + Galmarini AG; Bauingenieur
Wichser Akustik & Bauphysik AG
gkp fassadentechnik ag
Studio Vulkan Landschaftsarchitektur GmbH
applied acoustics GmbH; Akustik Spezialräume
Bringolf Irion Vögeli GmbH und HI; Signaletikplaner
Gruner AG; Brandschutzplaner
ISP und Partner AG; Gebäudeautomationsplaner
Dr. Heinrich Jäckli AG; Geologe
realities:united; Licht-Medien-Informationskonzept
Vogt & Partner; Lichtgestaltende Ingenieure
RESO Partners AG; FM-Planer Eigentümer

Spezialisten
Hans-Jörg Huber Planungsbüro für Theater- & Lichttechnik
Chevalier Françoise Planungsbüro; Bibliotheksberaterin
Marquart Elektroplanung + Beratung AG
tpc–Technology and Production Center AG; Medientechnik-Planung
Ergoconcept Engineering GmbH; AV-Planung
Creative Gastro Concept & Design AG
Annette Douglas Textiles AG
Hemmi Fayet Architekten AG; Spezialausstattung Sammlungen
bölsterli hitz GmbH; Design Spezialausstattung
Andreas Saxer Designwork; Design Spezialausstattung
Kistler & Spehar GmbH; Design Spezialausstattung
pom + Consulting AG; FM-Planer Nutzer
artTransport GmbH; Umzugsplanung

Qualitätssicherung
Conarenco AG, Adrian Humbel; QS-Leitung
Marquart AG; Elektro, Beleuchtung, Sicherheit
PGMM Schweiz AG / Denkgebäude AG; HLKS
boxler consult; Gebäudeautomation
applied acoustics GmbH; Akustik