Zeitschrift: Kunst+Architektur in der Schweiz = Art+Architecture en Suisse = Arte+Architettura in Svizzera

Herausgeber: Gesellschaft für Schweizerische Kunstgeschichte

Band: 60 (2009)

Heft: 3: Musik und Architektur = Musique et architecture = Musica e architettura

Artikel: Mysterien und Messungen : das Problem der Objektivierung von Klang beim Bauen für Musik

Autor: Fischer, Sabine von

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-394430

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Sabine von Fischer

Mysterien und Messungen

Das Problem der Objektivierung von Klang beim Bauen für Musik

Als um 1900 im Musiksaalbau wissenschaftliche Methoden eingeführt wurden, standen sich die physikalische Akustik und die Aura der Musik in den Augen vieler als unvereinbar gegenüber. Bis heute stellt sich die Frage nach der Rolle der Technik in der Architektur, wird doch von vielen im Musiksaalbau der Einsatz elektroakustischer Mittel abgelehnt. Das Beispiel des 1998 fertiggestellten Konzertsaals im Kultur- und Kongresszentrum Luzern zeigt mit der Veränderbarkeit des Raumvolumens eine andere Möglichkeit, den Musiksaal auf die aufzuführende Musik abzustimmen.

Im Kino vermittelt der Soundtrack Spannung und Emotion. Aufgrund von Geräuschen unterscheiden Neugeborene Nahes von Entferntem. Ohne Zweifel prägen die alltäglichen Töne unsere Befindlichkeit und unsere Erfahrung der Umgebung. Diese allerdings zu messen und mit all ihren physikalischen, physiologischen und psychologischen Komponenten als objektive Werte zu fassen, stellt nach wie vor grosse Herausforderungen an die Wissenschaften.

Beim Bauen für Musikaufführungen ist eine kontrollierte, vorgängig bestimmbare Raumakustik erforderlich. Für ein klassisches Musikstück sind weder der lange Nachhall einer gotischen Kathedrale noch die echofreie Akustik einer Freiluftbühne erwünscht, und die Klänge der Instrumente sollen nicht nur in der Raummitte, sondern im ganzen Saal in ihrer Gesamtheit erlebbar sein. Dies stellt objektive Anforderungen, innerhalb derer die Architektur der Musik nicht so sehr als Kunst, sondern als ihr Gefäss, das sie zum Ausdruck bringt, gegenübersteht.

Die Raumakustik wird vorhersagbar

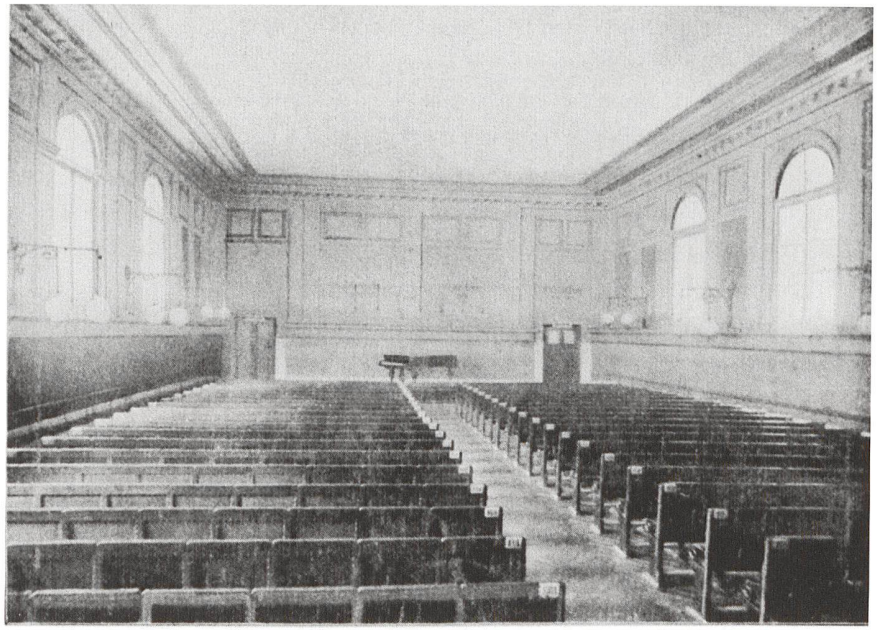
Heute gehören physikalische Prognosen der Raumakustik zum Alltag der Architekten. Erst in Folge der wissenschaftlichen Neuerungen anfangs des 20. Jahrhunderts wurde es möglich, das akustische Verhalten von Baukörpern und -teilen weitgehend vorgängig zu berechnen. Im Aufsatz *Reverberation* veröffentlichte der Physiker Wallace Clement Sabine im Jahr 1900 seine Erkenntnisse über den Zusammenhang von Oberflächenbeschaffenheit, Raumvolumen und Schallausbreitung.[1] Im Fogg Auditorium der Harvard University gab es so viel Echo, dass die dort gehaltenen Vorträge kaum verständlich waren. Der junge Physiker war deshalb beauftragt worden, das Problem zu untersuchen.[2] In der Folge seiner Experimente konnte der Nachhall mit wissenschaftlichen Methoden gemessen und berechnet werden. Die Formel von Wallace Clement Sabine besagt, dass $T = 0.16 \cdot V/A$, dass also die Nachhallzeit (T) sich proportional zum Volumen (V) und umgekehrt proportional zur Absorbtionsfähigkeit der Oberflächenmaterialien (A) verhält. Mit dieser Einsicht begründete er die physikalische Raumakustik.

Diese Objektivierung von Klang im Raum stiess allerdings auch auf Widerstand: Als am 15. Oktober 1900 die Boston Symphony Hall, nach dem Entwurf von McKim, Mead und White und gemäss den Empfehlungen des jungen Akustikers Sabine eröffnet wurde, erschien der Klang dem Musikkritiker William Apthorp zwar als «klar, deutlich und ausgewogen, aber ohne Leben» (Abb. 1).[3] Er war nicht der einzige, der nicht glauben konnte, dass auratische Musik, die so stark mit Gefühl und Empfindung aufgeladen ist, nun von Formeln vorausgesagt und bestimmt werden könne.

Skepsis gegenüber der Objektivierung

In *Das Mysterium der Akustik* von 1912 formulierte auch Adolf Loos seine Skepsis gegenüber der Verwissenschaftlichung des akustischen Erlebnisses.[4] Anlass für den Text war ein Plädoyer für die Erhaltung des Bösendorfer-Saals im Palais Liechtenstein im Wiener Stadtzentrum, wo der Klaviermacher und Kunstmäzen Ludwig Bösendorfer 1872 im Erdgeschoss einen Konzertsaal eingerichtet hatte (Abb. 2). Der Raum hatte im Vorfeld als Reithalle gedient, woran vor allem die grossen Fenster an den langen Seiten des Raums erinnerten. Für den Umbau zum Konzertsaal wurde er verkleinert; Ludwig Bösendorfer nahm es selbst in die

1



2

1 Boston Symphony Hall, Architekten McKim, Mead and White mit akustischer Beratung von Wallace C. Sabine, eröffnet am 15. Oktober 1900. – Die Boston Symphony Hall gilt als erster nach Kriterien der physikalischen Akustik gebauter Konzertsaal der Welt.

2 Wien, Palais Liechtenstein, «Bösendorfer-Saal, eröffnet am 19. November 1872 durch Hans von Bülow», abgebildet in einem Programmheft der Abschiedskonzerte im Jahr 1913. – Trotz seiner Beliebtheit und trotz des Plädoyers von Adolf Loos für die Erhaltung wurde der Saal abgerissen.

Hand, die bestmöglichen Klangverhältnisse zu schaffen, indem er auf einem Pony durch die Halle ritt und dem Nachhall der Rufe seines Freundes lauschte. Während des Umbaus liess Bösendorfer die neue Wand drei Mal verschieben, bis er mit der Akustik zufrieden war.[5] Nach anfänglichen Schwierigkeiten, einen ehemaligen Stall als Auditorium zu etablieren, «wuchs der Bekanntheitsgrad und die Beliebtheit des Saales so stetig, dass er als gleichbedeutend – die Akustik jedoch weit übertreffend – mit dem Grossen Musikvereinssaal in die Geschichte einging».[6]

Die ausserordentliche Akustik dieses Raumes kann gemäss Loos' Plädoyer nicht an einem anderen Ort wiederholt werden: Vielmehr hat «das material [...] durch vierzig Jahre immer gute musik eingesogen und wurde mit den klängen unserer philharmoniker und den stimmen unserer sänger imprägniert. Das sind mysteriöse molekularveränderungen, die wir bisher nur am holze der geige beobachten konnten».[7] Loos formulierte sein Argument also jenseits jeder messbaren materiellen Realität. Dass er sich in seinem das Mysterium heraufbeschwörenden Essay über die Annahme, dass Schallwellen wie Billiardkugeln von den Wänden abprallen, lustig macht, könnte darauf hindeuten, dass er trotzdem über die neuen physikalischen Erkenntnisse, die die ältere Theorie der geometrischen Schallausbreitung teilweise überholt hatten, informiert war.

Aus dem akustischen «Mysterium» des Bösendorfer-Saals wurde schon bald ein Mythos, der nur noch als Erinnerung existiert: Trotz seiner Beliebtheit und entgegen Loos' Plädoyer wurde der Saal nach dem letzten Konzert am 2. Mai 1913 abgerissen.

Reproduzierbarer Klang

Die Methode von Wallace C. Sabine hatte die Akustik von Räumen mess- und prognostizierbar gemacht. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde sie mittels elektroakustischer Apparate auch steuerbar. Ab den 1920er- und 1930er-Jahren wurden Mikrofone, Recorder, Verstärker und Lautsprecher immer breiter eingesetzt: in Auditorien[8], Fabriken, Büros wie auch in Privatwohnungen[9]. Musik war nicht mehr der Live-Aufführung vorbehalten,

sondern überall und zu jeder Zeit abrufbar. Klänge konnten von nun an beliebig gesteigert und im Raum verteilt werden.

Als die Firma Philips an der Weltausstellung von 1958 in Brüssel den neusten Stand und die zukünftigen Möglichkeiten der Technik vorführen wollte, entwarfen Iannis Xenakis und Le Corbusier[10] einen Pavillon mit drei- oder vierhundert Lautsprechern.[11] Auf den Innenwänden der hyperbolisch paraboloiden Betonschale wurde die achtminütige Multimediashow des *Poème Electronique* projiziert, und die Komposition von Edgar Varèse wanderte über die über die Wände verteilten Lautsprecher (Abb. 3). Mittels im Raum bewegter Klänge – «Geräuschmassen, Lärmberge und Tonsümpfe»[12] – und der Bilderflut[13] von Schwarz-Weiss-Fotografien und farbigem Licht sollten den jeweils 500 Zuschauer der Vorführungen, in den Worten Le Corbusiers, «psychophysiologische Eindrücke vermittelt werden».[14]

Wenn das Publikum den Pavillon betrat und wieder verliess, wurde *Concrète P. H.* von Iannis Xenakis, der sich bereits während seiner Arbeit bei Le Corbusier einen Namen als Komponist gemacht hatte, eingespielt. Für die Weltausstellung in Osaka von 1970 komponierte Iannis Xenakis *Hibiki Hana Ma*, das über etwa 700 im Boden versteckte und 128 symmetrisch aufgehängte Lautsprecher aufgeführt wurde.[15]

Offensichtlich handelt es sich bei diesen Ausstellungsbauten nicht um Konzertsäle, und so sind sie auch nicht direkt mit solchen vergleichbar. Was aber in einer solchen Gegenüberstellung aufgezeigt werden kann, ist ein Wandel sowohl in der musikalischen Komposition wie auch in der Raumakustik: Elektroakustische Techniken sind feste Bestandteile der künstlerischen und baulichen Repertoires geworden. Bei Aufführungen klassischer Musik widerspricht ihr Einsatz allerdings in den Augen vieler der Idee eines Konzerterlebnisses in Echtzeit.

Ob der Klang im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit seine Aura verloren hat? In Bezugnahme auf die von Walter Benjamin reflektierten Konsequenzen der *technischen Reproduzierbarkeit* des Kunstwerkes hat die elektroakustische Reproduktion der Klänge nicht nur deren Verbreitung, sondern ihr «Hier und Jetzt» und damit ihre Wirkung – die *Aura* – verändert.[16] Dieser Verlust an Authentizität bedeutet nicht nur, dass «der Massstab der Echtheit an der Kunstproduktion versagt», vielmehr hat sich «die gesamte soziale Funktion der Kunst umgewälzt».[17] Echtheit und Echtzeit sind in Folge der neuen Möglichkeiten der Klangverarbeitung und -verbreitung nur noch eine von vielen Möglichkeiten des Hörerlebnisses.

Natürliche Raumakustik und ihre Infragestellung

Akustiker des späteren 20. Jahrhunderts haben das Argument angeführt, dass die Idee einer «natürlichen Raumakustik» in Innenräumen insgesamt fraglich und die Elektroakustik ein geeignetes Mittel zum Erreichen eines einwandfreien Klangerlebnisses sei.[18] Über eine solche natürliche Raumakustik – mit null Sekunden Nachhallzeit wie auf einem offenen Feld – verfügt höchstens ein Zelt mit offenen Seiten und einer dünnen Dachmembran. Für klassische Musik ist eine solche Situation nicht erstrebenswert, es sei denn, man wolle eine Aufnahme elektronisch nachbearbeiten und so nachträglich mit einer bestimmten Raumatmosphäre ausstatten.[19] Die Möglichkeit von mittels Lautsprechern wiedergegebener Musik wird in der Planung klassischer Konzertsäle weitgehend ausgeklammert: Hier sollen weiterhin das Volumen des Raumes, seine Geometrie, sein Material und seine Oberflächenbeschaffenheit das Klangerlebnis formen.

Für die zeitgenössische Neue Musik sind *Ton* und *Klang* offene Begriffe, die nicht notwendig an instrumentale Körper gebunden sind.[20] Ein Beispiel, das nicht nur neue Tendenzen in der Musik, sondern den gesamtgesellschaftlichen Wandel im Umgang mit Technik aufzeigt, ist die Symphonie *Les Echanges* des Komponisten Rolf Liebermann, ein Auftragswerk für den Sektor Nr. 5 *Les Echanges (Waren und Werte)* der Expo 1964 in Lausanne.[21] Unter der Leitung des Architekten Rolf Gutmann sammelte ein Team die 156 in der Komposition festgehaltenen Büromaschinen und entfernte deren Schalldämpfer.[22] Dirigiert von einem fotoelektrischen Lochstreifen-Leser, bildeten die Bürogeräte ein Orchester, das auf einer Tribüne über dem stehenden und vorbei spazierenden Publikum die 2 Minuten 54 Sekunden der Komposition von Rolf Liebermann zu jeder vollen Stunde aufführte (Abb. 4, 5). Neben dieser *Version für 156 Büromaschinen* gab es eine von George Gruntz co-komponierte, längere Jazzversion, die dazwischen, ebenfalls stündlich, über Lautsprecher abgespielt wurde.

Die Symphonie *Les Echanges* ist gleichzeitig Bild für Aufbruchsstimmung und Fortschrittsoptimismus anfangs der 1960er-Jahre, und Absage an den traditionellen Konzertsaal. Technische und musikalische Prozesse haben sich im Lauf des 20. Jahrhunderts ineinander verflochten: Komponisten machen von der elektronischen Klangverarbeitung Gebrauch, und Ingenieure haben ihre Apparaturen – sichtbar oder verdeckt – für verschiedenste Arten der Wiedergabe von Musik breit verwendbar gemacht.

Variable Raumakustik

Im Wien der vorletzten Jahrhundertwende waren die einzelnen Musiksäle unterschiedlichen Genres vorbehalten: Klavierouvertüren im Bösendorfer-Saal für fast 600 Zuhörer, Symphonien im Grossen Musikvereinssaal mit 1600 Sitzplätzen.[23] Heute wird den Konzertsälen meist abverlangt, dass darin Musik aus verschiedensten Jahrhunderten, für Solisten oder für grosse Orchester aufgeführt werden könne. Eine solche Flexibilität kann ein starres Raumvolumen nicht leisten.

Dem Anspruch an Flexibilität für verschiedene Genres klassischer Musik kamen der Akustiker Russell Johnson und seine Firma Artec entgegen, indem sie mittels beweglichen Wandteilen und Echokammern, die je nach Bedarf geöffnet werden können, eine variable Akustik entwickelten. Ein bekanntes Beispiel ihrer

3

3 Brüssel, Weltausstellung, Philips Pavillon, Le Corbusier und Iannis Xenakis, Eröffnung am 22. April 1958. – Im Pavillon wurden mit frei verteilten Lautsprechern, Bildprojektionen und farbigem Licht die Möglichkeiten der Technik demonstriert.

Arbeit ist der Konzertsaal im von Jean Nouvel entworfenen Kultur- und Kongresszentrum in Luzern von 1998, der für 1840 Personen ausgelegt ist (Abb. 6, 7). Mittels Vorhängen kann der Nachhall so weit reduziert werden, dass Gesprochenes auch in der Tiefe des Raumes verständlich bleibt. Und wenn sich die 52 Betontüren der sogenannten Echokammer (eigentlich: Resonanzkammer), die die oberen Ränge umschliesst, vollständig öffnen, erweitert sich das Raumvolumen von 18 000 auf 25 000 Kubikmeter, denn «der Saal sollte sich der Musik anpassen – und nicht umgekehrt».[24]

Durch die Öffnungswinkel der Tore kann die Nachhallzeit zwischen 1.9 und 2.4 Sekunden moduliert werden. Für die Raumakustik im Konzertsaal des KKL Luzern ist nicht nur das Gesamtvolumen relevant, sondern auch die Veränderbarkeit der Raumbreite um die Bühne, die so der Orchestergrösse angepasst werden kann: Es zählt ja nicht nur das Hörerlebnis des Publikums, auch das Orchester soll einem angemessenen Schall ausgesetzt sein. Durch teilweises Öffnen der Tore kann die Kopplung des inneren an den äusseren Raum, und damit auch die Stärke des Nachhalls, gesteuert werden.[25]

Dass ein Raum entsprechend der aufzuführenden Musik, die im KKL Luzern vom Mittelalter bis zur Moderne reicht, anpassbar gemacht wird, stellt eine Umkehrung dar: Einst waren es die Komponisten, die ihre Musik für eine bestimmte Grösse, Materialität, und Geometrie von Raum entwarfen. Musik für Kirchen und Kathedralen setzte vielschichtige Resonanzen voraus, während Musik für den Salon eine trockenere Raumakustik erwartete. Die Klangcharakteristiken von Musiksälen waren individueller ausgeprägt als heute: Deshalb wurden Orchesterwerke bis zum 19. Jahrhundert oft für einen Anlass und somit im Hinblick auf den Ort ihrer Aufführung komponiert.[26]

Werkzeuge und Wahrnehmungen

Was hier in einem kurzen Text zusammengefasst wurde, ist eine Entwicklung über ein ganzes Jahrhundert, in dem sich Vieles und Grundlegendes verändert hat. Die Spannung zwischen der physi-

4

5

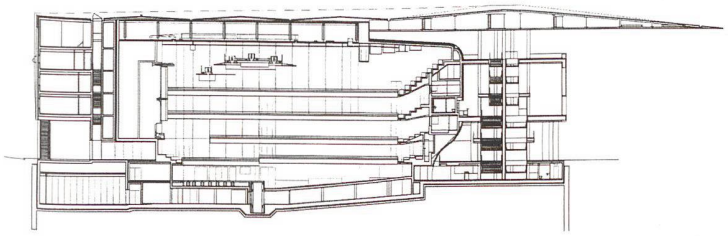
4 Lausanne, Expo 1964, Plattenumschlag von «Les Echanges». – In der Komposition von Rolf Liebermann für den Sektor «Waren und Werte» dirigierte ein fotoelektrischer Lochstreifen-Leser 156 Bürogeräte.

5 Lausanne, Expo 64. – Das Orchester der Symphonie «Les Echanges» bestand aus technischen Geräten des Büro- und Geschäftsalltags, deren Schalldämpfer entfernt worden waren.

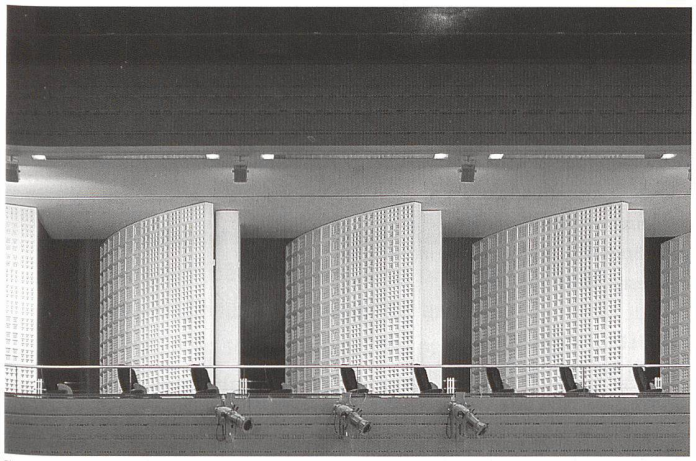
kalisch messbaren und der gefühlsmässig erfahrbaren Umwelt ist dabei geblieben. Was gemessen wird, ist immer noch nur der Schall. Der wahrgenommene und persönlich bewertete Klang unterliegt einem komplexen Zusammenspiel von Faktoren, die sich durch ihre Vielfalt einer Gesamtmessung entziehen.

Seit Hermann von Helmholtz ab Mitte des 19. Jahrhunderts die Klangempfindung erforscht und den Begriff der *Klangfarbe* geprägt hat, gibt es zwar eine Physiologie des Hörens; doch auch hier stösst die Messbarkeit an ihre Grenzen.[27] Denn die Hörvorgänge im Ohr können nicht alles erklären. In den letzten Jahrzehnten versuchten renommierte Raumakustiker, allen voran Leo Beranek, physikalische Werte mit der Wahrnehmung von Konzertsälen zu korrelieren.[28] Sie sind zu beeindruckenden Studien, aber nicht zu eindeutigen Schlüssen gekommen. Der Ausdruck «Musik in meinen Ohren» beschreibt bezeichnenderweise nicht ein Hörerlebnis, sondern erfüllte Erwartungen, welche die Wahrnehmung beeinflussen. Trotz der Unmöglichkeit, das subjektiv Gehörte und den gemessenen Schall voneinander zu trennen, wurde eine solche Separierung durch die modernen Wissenschaften vorgenommen. «Mit Hilfe der Naturgesetze», so schreibt der Soziologe Bruno Latour, konnten die modernen Wissenschaften die «menschlichen Vorurteile zerstören». Dabei wurden jedoch die nicht beschreibbaren Phänomene marginalisiert: Man sah «in den Hybriden früherer Zeiten nur noch illegitime Mischungen, die geläutert werden mussten, indem man die Naturmechanismen von den Leidenschaften, Interessen und Unkenntnis der Menschen schied»[29].

Im Konzertsaal des KKL Luzern zum Beispiel wurden die Authentizität des Klangs und akustische Berechnungen entsprechend den neuesten Erkenntnissen der wissenschaftlichen Raumakustik miteinander vereinbart. Wallace C. Sabine's Formel der Nachhallzeit hat die Raumakustik zwar unwiderruflich berechenbar gemacht. Aber auch nach der Aufspaltung der Klänge in physikalisch beschreibbare Phänomene und in methodisch kaum fassbare Empfindungen ist die *Aura* der Musik nicht verschwunden: Sie hat sich vielmehr gewandelt. Auch nach dem Verlust des «Hier



6



7

6 KKL Luzern, Schnitt durch den Konzertsaal, Architekt Jean Nouvel, 1998.

7 KKL Luzern, Konzertsaal, eröffnet am 18. August 1998. – Der Konzertsaal kann sich durch sein variables Raumvolumen der Musik anpassen.

und Jetzt», trotz der politischen Instrumentierung von Lautsprechern und entgegen den Befürchtungen, dass das Multimediatheater den klassischen Konzertsaal verdrängen könnte, vermittelt die Raumakustik zwischen Architektur, Musik und Physik. Sie hat, trotz aller Werkzeuge, ihr Mysterium nicht abgelegt.

Résumé

Les développements des techniques de mesure, d'enregistrement et de contrôle du son enregistré ont radicalement transformé les espaces dans lesquels nous écoutons de la musique. Depuis le 15 octobre 1900, date à laquelle le Symphony Hall de Boston a ouvert ses portes, l'acoustique est devenue une discipline scientifique incontournable pour la construction de salles de concert. Le Symphony Hall était en effet de la première salle au monde à avoir été conçue au moyen des méthodes de la physique moderne. Depuis, l'acoustique permet non seulement de calculer les temps de réverbération au préalable, mais également de doter les salles de propriétés modifiables. La salle de concert du KKL Luzern, ouverte en 1998, dispose par exemple d'une chambre d'écho de 7000 m³ qui permet d'adapter selon les besoins le volume de résonance de la musique. Malgré tous ces progrès, il subsiste néanmoins toujours une certaine zone d'ombre entre le bruit physiquement mesurable et la musique telle qu'on la ressent. Jusqu'à présent, la perception de la musique ne se laisse pas complètement décrire à l'aide de valeurs mesurables.

Riassunto

Gli sviluppi della fisica nel campo della misurazione, della registrazione e della riproduzione hanno trasformato in maniera sostanziale gli ambienti in cui ascoltiamo musica. Dall'inaugurazione il 15 ottobre 1900 della Boston Symphony Hall, la prima sala da concerto al mondo progettata sulla base di calcoli ottenuti mediante i metodi della fisica moderna, l'acustica delle sale da concerto è diventata una scienza ampiamente diffusa. Essa è in grado non solo di calcolare il tempo di riverberazione, ma anche di dotare gli ambienti di proprietà modificabili. La sala da concerto inaugurata nel 1998 presso il KKL Luzern, ad esempio, dispone di una camera di riverberazione di 7000 metri cubi che consente di adattare la riverberazione della musica a esigenze diverse. I progressi tecnici non sono peraltro riusciti a sopprimere lo scarto tra il rumore fisicamente misurabile e l'esperienza sensibile della musica: è tuttora impossibile descrivere la percezione della musica esclusivamente in base a valori misurabili.

ANMERKUNGEN

1 Wallace Clement Sabine, «Reverberation» (1900), in: Wallace Clement Sabine, *Collected Papers on Acoustics*, Cambridge 1923, S. 3–68.

2 Emily Thompson, *The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900–1933*, Cambridge 2002, S. 33ff.

3 Ebd., S. 53.

4 Die Datierung stammt von Adolf Loos selbst, auf S. 15 des Vorwortes zu *Trotzdem* ist sie mit «Jänner 1912» angegeben. Adolf Loos, «Das Mysterium der Akustik» (1912), in: *Trotzdem. Gesammelte Schriften 1900–1930*, Wien 1997, S. 116–117.

5 Christina Meglitsch, *Wiens vergessene Konzertsäle. Der Mythos der Säle Bösendorfer, Ehrbar und Streicher*, Frankfurt. 2005 (Studien zur Musikgeschichte Österreichs 12), S. 123.

6 Ebd., S. 103.

7 Loos 1997 (wie Anm. 4), S. 116.

8 Thompson 2002 (wie Anm. 2): Emily Thompson beschreibt die Periode von der Eröffnung der Boston Symphony Hall bis zur Eröffnung der mit Lautsprecheranlagen ausgestatteten Radio City Music Hall in New York City im Dezember 1932 und die damit verbundenen grossen Veränderungen nicht nur der Raumausstattung, sondern auch der Hörgewohnheiten.

9 Karin Bijsterveld, *Mechanical Sound*, Cambridge 2008. Diese Forschungsarbeit in sozial- und technikgeschichtlicher Perspektive umreisst die Entwicklung der Maschinengeräusche im 20. Jahrhundert. Bijsterveld beschreibt zum Beispiel, dass rhythmische Musik am Arbeitsplatz die Produktivität ankurbeln sollte (S. 81ff), und die Folgen der Neuerung, dass Grammophone und Radios zunehmend auch in Privatwohnungen installiert wurden (S. 159ff).

10 Die Sekundärliteratur zum Philips Pavillon ist sich einig, dass Iannis Xenakis die Autorschaft für den Bau weitgehend gehört. Le Corbusiers Skizze gleicht eher einem Kuhmagen; der Ingenieur Xenakis hat sie in die ausgeführte geometrische Form übergeführt. Xenakis selbst beschreibt seine Mühen im Kampf um die Co-Autorschaft: *Iannis Xenakis, musique de l'architecture. Textes, réalisations et projects architecturaux*, choisis, présentés et commentés par Sharon Kanach, Marseille 2006, S. 147.

11 Im Katalog schreibt Le Corbusier von den Lautsprechern: «insgesamt werden vierhundert die Zuschauer umgeben». In: Jean Petit, *Poème Electronique*, Brüssel 1958 (Katalog, deutsche, broschierte Ausgabe, unpag.) Peter Bienz zitiert Varèse, der von 425 Lautsprechern schrieb – in den Fussnoten ergänzt Bienz allerdings, dass die Angaben schwanken und die technische Beschreibung des Pavillons 350 nannte. In: Peter Bienz, *Le Corbusier und die Musik*, Vieweg 1998, S. 96. Bart Lootsma schreibt von «über 300». In: Bart Lootsma, «Poème Electronique: Le Corbusier, Xenakis, Varèse», in: *Le Corbusier. Synthèse des Arts. Aspekte des Spätwerks*, hrsg. vom Badischen Kunstverein, Berlin 1986. Von «etwa 300 Lautsprechern» ist in einem Brief von Xenakis an Varèse im Juni 1957 die Rede. In: Marc Treib, *Space Calculated in Seconds. The Philips Pavilion. Le Corbusier. Edgar Varèse*, New Jersey 1996, S. 172.

12 Petit 1958 (wie Anm. 11), im Text von Le Corbusier.

13 Bart Lootsma beschreibt die sieben Sequenzen aus archaisch anmutenden Bildern als «bewegtes Wandgemälde». Aus: Bart Lootsma, «Entirely an Interior Job», in: http://www.architekturtheorie.eu (5.3.09).

14 Petit 1958 (wie Anm. 11), im Text von Le Corbusier.

15 *Xenakis Edition Vol. 9*: Electronic Works Vol. 2 (CD).

16 Walter Benjamin, *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt a. M. 1977, Den Essay hatte Benjamin 1935–36 verfasst, 1963 wurde er erstmals deutsch vollständig veröffentlicht. Auf Seite 13 führt Benjamin nach der *Photographie* auch die *Schallplatte* als Beispiel einer Reproduktion auf.

17 Ebd., S. 18: Walter Benjamins Kritik von 1936, dass die Aura durch die Reproduzierbarkeit ausgelöscht werde, steht nicht nur im Kontext des aufkommenden Mediums Film, sondern auch des Einsatzes von Lautsprechern an den Massenveranstaltung der Nationalsozialisten. – Ein bekanntes Zitat ist: «Ohne Kraftwagen, ohne Flugzeug, ohne Lautsprecher hätten wir Deutschland nicht erobert!» Zitiert nach Heinz Pohle: «Der Rundfunk als Instrument der Politik», Hamburg 1955, S. 230, in: Michael Atze: *Der Hitler-Mythos im Spiegel der deutschsprachigen Literatur nach 1945*, Diss., Bamberg 2003, S. 301.

18 Auch das Anbringen von Stuckaturen und schallabsorbierenden Oberflächen bedeutet eine Beeinflussung der Raumakustik: Die Raumakustik ist auch ohne Einsatz von Lautsprechern keine «natürliche». Siehe dazu: Barry Blesser, Linda-Ruth Salter, *Spaces Speak. Are you listening?*, Cambridge 2006, S. 198.

19 «Atmosphäre» wird hier als ästhetische Kategorie im Sinn von Gernot Böhme verwendet, der unter anderen auch Walter Benjamin zur Herleitung heranzieht: «Gleichwohl gibt es einen Begriff, der gewissermassen ihr [d. h. der Atmosphäre, S v. F] Platzhalter in der Theorie ist, nämlich den Begriff der Aura». In: Gernot Böhme, *Atmosphäre*, Frankfurt a. M. 1995, S. 26.

20 Luigi Russolos Geräuscherzeuger und Musikautomaten können als Vorläufer gelesen werden. Die *musique concrète*, geprägt von Pierre Schaeffer und Pierre Henry, hat die Verfremdung von Alltagsgeräuschen, auch im Gegensatz zur *musique abstrait*, zum zentralen Element ihrer Klangwelt erklärt. Siehe: Pierre Schaeffer, *Traité des objets musicaux*, Paris 1966.

21 Rolf Liebermann, George Gruntz, *Expo Triangle* (CD), MGB 2000, mit einem Einführungstext von Gérard Lüll. Anlässlich der Expo 1964 war eine Schallplatte produziert worden.

22 16 Schreibmaschinen, 18 Rechenmaschinen, 8 Buchungsautomaten, 12 Streifenlocher, 10 Registrierkassen, 8 Klebestreifenbefeuchter, 8 Fernschreiber, 2 Klassentaktgeber, 4 Signal-Glocken, 2 Türgongs, 10 Hupen, 16 Telefonapparate, 40 Empfänger einer Suchanlage, 1 Vervielfältiger, 1 Hubstapler. Aus: Liebermann / Gruntz 2000 (wie Anm. 21).

23 Die Angaben in den Publikationen der Zeit waren 588 resp. 568 Plätze, in: Meglitsch 2005 (wie Anm. 5), S. 97.

24 KKL-Mediendokumentation, S. 9–10.

25 Auskünfte von Eckhard Kahle, Kahle Acoustics, in einer E-Mail vom 23.03.2009. Kahle war als Mitarbeiter von Artec massgebend an der Planung des Konzertsaals im KKL beteiligt.

26 Siehe dazu auch: Eckhard Kahle: Das Geheimnis der Salle Blanche. Zur Akustik des Kultur- und Kongresszentrums Luzern (KKL), tec21 48/2001, S. 12–14.

27 Hermann v. Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig 1896.

28 Leo Beranek, *Concert and Opera Halls. How They Sound*, Woodbury (NY) 1996. Beranek versuchte, anhand gesammelter Daten zu Physik und Rezeption eine Rangliste der besten Konzertsäle zu machen. In der A+-Kategorie sind nur drei Säle, darunter die hier erwähnten Boston Symphony Hall und der Grosse Musikvereinssaal in Wien. In der zweiten Auflage von 2004 (Springer Verlag) ersetzt Beranek das «Rating» mit einem ausführlichen und differenzierteren Kapitel zur Methodik der Befragungen und zur Aussagekraft der ausgewählten Parameter.

29 Bruno Latour, *Wir sind nie modern gewesen*, Berlin 1995, S. 50.

ABBILDUNGSNACHWEIS

1: Aus: Leo Beranek, Concert and Opera Halls. How They Sound, Woodbury (NY) 1996, S. 80. – 2: Aus: Programmheft des Abschiedskonzerts im Bösendorfer-Saal (Privatbesitz Dr. Michael Niessen), abgebildet in: Christina Meglitsch, Wiens vergessene Konzertsäle. Der Mythos der Säle Bösendorfer, Ehrbar und Streicher, Frankfurt a. M. 2005, Abb. 41, S. 217. – 3: Für Le Corbusier: © FLC / 2009, ProLitteris, 8033 Zürich. Aus: Archiv von Philips International B.V., abgebildet in: Marc Treib, Space Calculated in Seconds, The Philips Pavilion. Le Corbusier. Edgar Varèse, New Jersey 1996, S. 97. – 4: Plattenumschlag, 1964 (Fotograf: Fred Mayer). – 5: © Archives communales de la ville de Lausanne. – 6: Aus: werk, bauen und wohnen. Jg. 87/54, 2000, Heft 2, S. 28. – 7: © KKL Luzern. Für Jean Nouvel: © 2009, ProLitteris, 8033 Zürich

ADRESSE DER AUTORIN

Sabine von Fischer, dipl. Arch ETH SIA MSc, Rotbuchstrasse 40, 8037 Zürich. sabine.von.fischer@gta.arch.ethz.ch