

**Candide—  
Journal for Architectural  
Knowledge**

You have downloaded following article/  
Sie haben folgenden Artikel heruntergeladen:

Title (English): Acoustics, Appropriated and Applied: Describing  
Sound in Architecture and Physics, Circa 1920  
Titel (deutsch): Akustik, anverwandelt und angewandt. Beschreibungen  
von Klang in Architektur und Physik um 1920

Author(s)/Autor(en): Sabine von Fischer

Translator(s)/Übersetzer: Ian Pepper

Source: *Candide. Journal for Architectural Knowledge* No. 06 (10/2012), pp. 13–44 .

Published by: Hatje Cantz, Ostfildern on behalf of *Candide*.

Stable URL: tbc

The content of this article is provided free of charge for your use. All rights to this article remain with the authors. No part of the article may be reproduced in any form without the written consent of the author(s) and *Candide. Journal for Architectural Knowledge*.

For further details, please see [www.candidejournal.net](http://www.candidejournal.net).

i. Essay

i. Essay

**Acoustics , Appropriated  
and Applied :  
Describing Sound  
in Architecture  
and Physics , Circa  
1920**

**Akustik , anverwandelt  
und angewandt .  
Beschreibungen von  
Klang in  
Architektur und Physik  
um 1920**

**Sabine von Fischer**

English translation:  
Ian Pepper

## Abstract

How has the modeling of space in modern science been reflected in the theoretical discourse of architecture? Comparing texts by the architects Adolf Loos, Herman Sörgel, and Siegfried Ebeling, Sabine von Fischer investigates the influence of architectural acoustics on architectural theory around 1920. Aesthetic concepts such as harmony and proportion were no longer sufficient to relate sound and space. Rather, models of natural science now explained the ways in which sound waves moved within built spaces. The transfer of the new scientific knowledge of acoustics from physics to architectural discourse did not remain without contradictions. Loos's "The Mystery of Acoustics" of 1912, Sörgel's issue of Baukunst on music and architecture, of 1925, and Ebeling's Space as Membrane of 1926 show that, at times, inherited models of explanation for musical effects and modern knowledge of architectural acoustics entered into a peculiar coexistence.

Within the paradigm of modern science—this is one hypothesis presented in this text—architecture can no longer establish itself as a discipline vis à vis the other arts simply by relying upon the classical tradition of referencing philosophy and the fine arts. Instead, architecture is located today at the nexus of all the sciences that emerged in the nineteenth century. In the early twentieth century, the theoretical foundations employed for conceptualizing space, sound, and architecture were fundamentally transformed. The derivation of architectural acoustics from physics and physiology and the methods for describing space that were based on them generated new models of explanation which were located outside of the aesthetic tradition. This raised the question: is it possible to reflect upon modern acoustics and building physics as parameters of architecture at the level of theory and cultural studies?

Up into the 1920s, good spatial acoustics were attributed to artistic intuition and the general experience of architects. Referred to in many cases were rules of proportion, which played a role in both

musical and architectural theory. Since the writings of Marcus Vitruvius Pollio, harmony in architecture served its legitimation as an art form, and became interwoven during the Renaissance with the science of mathematics.<sup>1</sup> In the historic interpretation of Pythagorean number theory, there existed "an inner affinity between music and the original foundation (Urgrund) of the world." According to this view, musical harmony was expressed in the metaphysical order.<sup>2</sup> The metaphor of "architecture as frozen music," coined by the philosopher Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling in his 1803 lecture on the "Philosophie der Kunst" (Philosophy

1 Naredi-Rainer 2001 [1982]; Oechslin 1985; Vergo 2005.

2 Naredi-Rainer 2001 [1982]: 13.

## Abriss

Wie hat sich die räumliche Modellbildung der modernen Naturwissenschaften im theoretischen Diskurs der Architektur abgebildet? Sabine von Fischer untersucht den Einfluss von Erkenntnissen aus Raum- und Bauakustik um 1920 auf die Architekturtheorie im Vergleich dreier Texte der Architekten Adolf Loos, Herman Sörgel und Siegfried Ebeling. Mit der Übertragung der physikalischen Schalllehre auf die räumliche Modellbildung waren es nicht mehr allein die ästhetischen Begriffe wie Harmonie und Proportion, welche die Disziplinen Klang und Raum einander gegenüberstellten. Vielmehr erklärten naturwissenschaftliche Modelle, wie sich Schallwellen im gebauten Raum bewegten. Der Transfer neuer akustischer Wissensgrundlagen von der Physik in die Architektur blieb nicht ohne Widersprüche. Loos' „Das Mysterium der Akustik“ von 1912, Sörgels Baukunst-Ausgabe zu Musik und Architektur von 1925, und Ebelings Der Raum als Membran von 1926 zeigen auf, dass die überlieferten Erklärungsmodelle für musikalische Wirkungen und die Erkenntnisse der modernen Raum- und Bauakustik zuweilen in eine eigenartige Koexistenz traten.

In einem modernen Wissenschaftsverständnis – so eine der Hypothesen dieses Texts – kann sich die Architektur nicht mehr allein auf bildungsgeschichtliche Traditionen berufen, um als Disziplin innerhalb der Künste zu bestehen. Vielmehr befindet sich die Architektur im Spannungsfeld aller Wissenschaften, welche aus dem 19. Jahrhundert hervorgingen. Die theoretischen Grundlagen zur Erfassung von Raum, Klang und Architektur veränderten sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts grundlegend. Die Herleitung der Raumakustik aus Physik und Physiologie und die so begründeten Raumbeschreibungen schufen neue Erklärungsmodelle außerhalb der ästhetischen Tradition. Es stellte sich die Frage, ob es möglich sei, moderne Akustik und Bauphysik auf einer theoretischen und kulturwissenschaftlichen Ebene als Parameter der Architektur zu reflektieren.

Bis in das 19. Jahrhundert wurde guter Raumklang auf die künstlerische Intuition und allgemeine Erfahrung der Architekten zurückgeführt. Oftmals wurde Bezug auf die Proportion genommen, die in der Theorie der Musik wie in jener der Architektur eine Rolle spielte. Die Harmonie in der Architektur diente seit Vitruvs Schriften ihrer Legitimation als Kunst und verschränkte sich in der Renaissance mit der Wissenschaft der Mathematik.<sup>1</sup> In der historischen Auslegung der pythagoräischen Zahlenlehre bestand „eine innere Verwandtschaft der Musik mit dem Urgrund der Welt“. Es drückte sich „in der musikalischen Harmonie die metaphysische Ordnung“ aus.<sup>2</sup> Die Metapher von „Architektur als gefrorene Musik“, vom Philosophen Friedrich Wilhelm Schelling in seiner Vorlesung „Philosophie der Kunst“ im Jahr 1803 geprägt, wurde in der

1 Naredi-Rainer 2001 [1982]; Oechslin 1985; Vergo 2005; u. a.

2 Naredi-Rainer 2001 [1982]: 13.

of Art) was received enthusiastically in the realms of art and architecture.<sup>3</sup> By virtue of its figurative force, the idea of an abstract, mathematical connection between architecture and music via number proportion—together with the resulting conception of architecture as frozen music—was invested with emotional force, and hence became almost physically perceptible. The application of harmonic proportions to the plans and elevations of buildings was expected to result in euphonious rooms.

In the early twentieth century, this metaphysical tradition was countered by two scientific approaches. The first was architectural acoustics, with its basis in physics, which demonstrated how sound waves move through constructed space; the second was psychophysiology, which was endowed with a scientific basis via psychophysics, and which conceptualized sound as a problem of perception. In 1860, the psychologist Gustav Theodor Fechner (1801–1887) published his research in the volume *Elemente der Psychophysik* (Elements of Psychophysics), by which he coined the term “psychophysics.”<sup>4</sup> That the effects of sound on the human body were not just unresearched, but also difficult to access, is shown alone by the divergence between Fechner’s table of contents, which lists the topic “Schallstärke und Tonhöhe” (sound intensity and pitch) on page 257, while in the book itself, acoustics is addressed only on page 267, under the heading: “Points of analogy and divergence regarding perception of light and sound, respectively.”<sup>5</sup> In a later text, Fechner refers frequently to

the research of Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821–1894), which was also devoted to investigating the perception of sound.<sup>6</sup> Fechner’s discoveries were developed further and disseminated by the psychologist Wilhelm Wundt (1832–1920), who later worked as Helmholtz’s assistant.

In the field of architectural acoustics, a series of discoveries by the American physicist Wallace Clement Sabine (1868–1919), published in 1900, represent a turning point. Sabine transferred the existing scientific knowledge concerning sound to space, and was able to use a physics-based formula to describe the diffusion of sounds and their dissipation of energy in relation to the duration of their subsidence.<sup>7</sup> As a consequence, the diffusion of sound in space became a measurable matter. The mystery of music was dissected into seconds, hertz, and decibels, and the distribution of sound energy in space given a disciplinary basis. Wallace C. Sabine’s formula made available an objective instrument for registering the sonic dimension of space.<sup>8</sup>

Nonetheless, contemporary architectural theory contains little discussion of the irrevocable transformation of the foundations of architecture by modern architectural acoustics. The texts by the architects Adolf Loos, Herman Sörgel, and Siegfried Ebeling which are discussed in this essay are exceptions, since all of them simultaneously reflect upon the fundamentally different models of explanation in philosophy and in modern science. All three architects attempted—albeit in different ways—to guide divergent traditions toward a synthesis, and the

<sup>3</sup> In his dissertation, Pascha 2004 offers a detailed investigation of the origins of this aesthetic theory, which he situates within Neoplatonism. He traces the metaphor through Schelling to the latter’s student Henry Crabb Robinson. It has been reproduced in philosophy in various forms, for example by Hegel and Schopenhauer. Friedrich Schlegel, whom Herman Sörgel quoted in 1925, referring to the term “frozen music,” also used the metaphor of “petrified music” to describe architecture. Pascha 2004: 23.

<sup>4</sup> In his foreword, Fechner characterizes his work as “an exact doctrine concerning the relationship between body and soul.” Fechner 1860: III. In his research and publications, Fechner united physics and philosophy, and is regarded among other things, as the founder of “experimental aesthetics”; see also Sprung/Sprung 1988. On the relationship of metaphysics and psychophysics in Fechner’s work see Petra Lennig’s historico-scientific research. Lennig 1994.

<sup>5</sup> Fechner 1860. The entire book is available at [www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-10879](http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-10879). Accessed: 10 July 2012.

<sup>6</sup> Helmholtz 1981 [1863]. Terms such as “Klangfarbe” (timbre), which were introduced in the book *Physiologie der Tonempfindungen*, are still used today.

<sup>7</sup> Emily Thompson’s detailed examination of the early era of American room acoustics from 1900–1933 has contributed significantly to identifying the year 1900 as the zero hour of modern architectural acoustics. Thompson 2002: 13ff.

<sup>8</sup> Wallace C. Sabine’s research was developed further in particular in the 1920s. Subsequent to his design of the acoustics building at the Riverbank Laboratories in Geneva, Illinois, which due to Sabine’s early death was directed by Paul E. Sabine (no relation). Laboratories for investigating architectural acoustics were founded by, among others, Karl Willy Wagner at the Heinrich Hertz Institute in Berlin beginning in 1930, by Vivian Leigh Chrisler at the National Bureau of Standards in Washington beginning in 1923, and by Franz Max Osswald at the ETH in Zurich beginning in 1924. For an investigation of these developments, see the dissertation *Hellhörige Häuser. Raum, Klang, Architektur 1920–1970* (Oscillating Architecture: Space, Sound, and Construction 1920–1970), under preparation by the present author since 2008 at the Institut gta of the ETH Zurich.

Kunst und Architektur rege rezipiert.<sup>5</sup> Durch ihre bildliche Kraft wurde die abstrakte mathematische Verbindung von Architektur und Musik über die Zahlenproportionen, als „gefrorene Musik“ mit Emotion aufgeladen, nahezu körperlich wahrnehmbar. Harmonische Proportionen, auf Plan und Aufriss von Bauten angewendet, sollten wohlklin-gende Räume schaffen.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts traten dieser metaphysischen Tradition zwei wissenschaftliche Forschungsansätze entgegen: die physikalische begründete Raumakustik einerseits, die aufzeigte, wie sich Schallwellen im gebauten Raum bewegen, und die verwissenschaftlichte Wahrnehmungslehre andererseits: Für die Psychophysik waren gehörte Klänge ein psychologisches und physiologisches Problem. Der Psychologe Gustav Theodor Fechner (1801–1887) prägte als erster den Begriff der „Psychophysik“. Fechner veröffentlichte seine Forschungen 1860 im *Band Elemente der Psycho-physik*.<sup>4</sup> Dass die Wirkungsweise der Klänge auf den menschlichen Körper nicht nur unerforscht, sondern auch schwer zugänglich war, beweist allein die Divergenz zwischen Fechners Inhaltsverzeichnis, welches für Seite 257 das Thema „Schallstärke und Tonhöhe“ ankündigt, während im Buch die Akustik erst auf Seite 267 mit der Überschrift „Punkte der Übereinstimmung und Verschiedenheit zwischen den Empfindungsgebieten von Licht und Schall“ angesprochen wird.<sup>5</sup> Fechner nahm in seiner späten Schrift vielfach Bezug zu den Forschungen von Hermann Ludwig Ferdinand

**3** Pascha 2004 bietet mit seiner Dissertation eine eingehende Untersuchung der Ursprünge dieser ästhetischen Theorie, welche er als neuplatonisch verortet. Die Metapher führte er via Schelling auf dessen Schüler Henry Crabb Robinson zurück. Sie wurde verschiedentlich auch in der Philosophie wiedergegeben, so zum Beispiel von Georg Wilhelm Friedrich Hegel oder Arthur Schopenhauer. Friedrich Schlegel, den Herman Sörgel 1925 bezüglich der „gefrorenen Musik“ zitierte, benutzte auch die Metapher von Architektur als „verwesterter Musik“. Pascha 2004: 23.

**4** Im Vorwort beschreibt Fechner sein Werk als „exacte Lehre von Beziehungen zwischen Leib und Seele“ (Fechner 1860: III). Fechner verband in seinen Forschungen wie in seinen Publikationen Physik und Philosophie und gilt u. a. als der Begründer der „experimentellen Ästhetik“, dazu siehe: Sprung/Sprung 1988. Zum Verhältnis von Metaphysik und Psychophysik in Fechners Werk im Besonderen siehe Petra Lennigs wissenschaftshistorische Untersuchung: Lennig 1994.

**5** Fechner 1860. Das ganze Buch ist auf [www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-10879](http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-10879) (10.7.2012) einsehbar.

von Helmholtz (1821–1894), welcher sich ebenfalls der Erforschung der Klangempfindung gewidmet hatte.<sup>6</sup> Fechners Erkenntnisse wurden durch Helmholtz' späteren Assistenten, den Psychologen Wilhelm Wundt (1832–1920) weiterentwickelt und breiter bekannt gemacht.

In der Raumakustik setzten die Veröffentlichungen des amerikanischen Physikers Wallace Clement Sabine (1868–1919) im Jahr 1900 einen Wendepunkt. Sabine übertrug die bestehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse über den Schall auf den Raum und konnte die Ausbreitung der Töne und ihren Energieverlust über die Dauer ihres Abklingens mit einer physikalischen Formel beschreiben.<sup>7</sup> Damit wurde auch die Ausbreitung der Klänge im Raum zur messbaren Materie. Das Mysterium der Musik wurde in Sekunden, Hertz und Dezibel seziert, die Verteilung der Töne im Raum diszipliniert. Der Erfassung der klanglichen Dimension des Raumes stand mit Sabines Formel ein neues, objektivierendes Instrumentarium zur Verfügung.<sup>8</sup>

Die unwiderruflichen Veränderungen der Grundlagen der Architektur durch die moderne Raum- und Bauakustik wurden in der zeitgenössischen Architekturtheorie jedoch wenig diskutiert. Die im folgenden untersuchten Texte der Architekten Adolf Loos, Herman Sörgel und Siegfried Ebeling bilden eine Ausnahme, indem sie gleichzeitig Erklärungsmodelle aus der Philosophie und aus den modernen Naturwissenschaften reflektieren. Die drei Architekten versuchten – in jeweils unterschiedlicher Weise –, die divergierenden Traditionen zu einer Synthese zu führen, was nicht ohne Widersprüche blieb. Das Spannungsfeld von Erfahrungswissen und technischer Expertise, ästhetischer Betrachtung und wissenschaftlicher Vermessung, wie es um 1920 im Kontext der Architektur, Musik und Akustik vorhanden war, bleibt bis heute eine Herausforderung an die Architektur.

**6** Helmholtz 1981 [1863]. Begriffe wie „Klangfarbe“ aus dem Buch *Physiologie der Tonempfindungen* finden bis heute Verwendung.

**7** Emily Thompsons eingehende Aufarbeitung der frühen Ära der amerikanischen Raumakustik von 1900 bis 1933 hat die Wahrnehmung des Jahres 1900 als Stunde Null der modernen Raumakustik maßgeblich geprägt. Thompson 2002: 13ff.

**8** Sabines Forschung wurden vor allem in den 1920er-Jahren weiter verfolgt. Laboratorien für die raum- und bauakustische Forschung wurden gegründet, u. a. mit Karl Willy Wagner am Heinrich-Hertz-Institut in Berlin ab 1930, Vivian Leigh Chrisler am National Bureau of Standards in Washington ab 1923, und Franz Max Osswald an der ETH in Zürich ab 1924. Eine Untersuchung zu diesen Entwicklungen leistet die Dissertation *Hellhörige Häuser. Raum, Klang, Architektur 1920–1970*, welche die Autorin dieses Aufsatzes seit 2008 am Institut gta der ETH Zürich erarbeitet.



results were not free of contradiction. The tension between empirical knowledge and technical expertise, between aesthetic perspectives and scientific measurement, which existed around 1920 in the context of architecture, music, and acoustics, remains a challenge for architecture to the present day.

**Sound as Material: “The Mystery of Acoustics,” Adolf Loos, 1912**

The Austrian architect Adolf Loos (1870–1933) was known for arguing vehemently for the up-to-date application of technology in newspaper articles and essays. In “Das Mysterium der Akustik” (The Mystery of Acoustics), however, the technical-scientific apparatus of architectural acoustics is characterized as an antagonist of the musical aura, which Loos regards as threatened by the descriptions in modern building physics. In this text, technology appears simultaneously as uncanny and fascinating; otherwise, Loos would not have insisted on the mystery while at the same time taking great care to display his knowledge of the latest scientific developments.

“Das Mysterium der Akustik” was published in January 1912 in *Der Merker*, an Austrian journal of music and theater.<sup>9</sup> The article argues for the preservation of the Bösendorfersaal in the Palais Liechtenstein at Herrengasse 6 in the center of Vienna, a concert hall installed in 1872 on its ground floor by the piano manufacturer and art patron Ludwig Bösendorfer. The space had served previously as an indoor riding hall, a circumstance recalled in particular by the large windows set along its long side (Figs. A, B). For its conversion into a concert hall, the room was reduced in size. Prior to the foundation of scientific architectural acoustics

by Sabine around 1900, the usual method to determine the acoustic properties of a space was empirical, through inherited and personal experience. Ludwig Bösendorfer took the task of establishing the best possible conditions for musical performances personally in hand, and moreover from the saddle of a pony: together with a friend, he rode through the hall listening to the reverberations of his friend’s calls. Bösendorfer had the new end wall repositioned three times until he was satisfied with the room’s acoustics.<sup>10</sup>

The inaugural concert on November 19, 1872 took place in a half-finished hall which was illuminated by a makeshift arrangement of stable lanterns. In Hans von Bülow’s offer of a concert evening, Bösendorfer recognized the potential for generating publicity for the hall. Concerning developments during the forty years the hall was in use, the music historian Christina Meglitsch writes: “Through Bösendorfer’s immense contacts with the most diverse artists and important personalities, and in particular through the hall’s marvelous acoustics, its reputation and public favor rose so steadily that it existed on equal terms with the Grosser Musikvereinssaal—although its acoustics were far superior.”<sup>11</sup> Of course, the two halls differed in size: with 1,600 seats, the Grosser Musikvereinssaal was suitable for symphonic concerts, while the Bösendorfersaal, with nearly 600 seats, was more appropriate for piano and chamber music recitals. Nonetheless, the comparison allowed the Bösendorfer Saal to enter history in the company of the world’s best-known concert halls. On the occasion of the demolition of the beloved hall, many newspapers cited the history of its creation from a former riding hall. “The hall’s origins were long remembered,” wrote one newspaper on the morning of the final concert on May 2, 1913,<sup>12</sup> echoing in particular the names of the personalities who had appeared in the hall over a period of forty years at 4,500 concerts—among

<sup>9</sup> Loos 1997 [1931] : 15. Adolf Opel’s foreword mentions that the date of January 1912 stems from Adolf Loos himself. The date seems to be correct; the text is present on pages 9/10 from the first quarter of 1912. *Der Merker – Österreichische Zeitschrift für Musik und Theater* was edited by Richard Hatka and Richard Specht, and appeared semimonthly from 1909 to 1919. In Loos’s essay collection of 1931, all nouns were written in lowercase, and question marks were introduced where none are found in the 1912 version.

<sup>10</sup> Meglitsch 2005: 123.

<sup>11</sup> Meglitsch 2005: 103. For this comparison, Meglitsch draws upon the recollections of Friedrich Eckstein. See Friedrich Eckstein, *Alte unennbare Tage*, Wien: Herbert Reichner Verlag, 1936, 241.

<sup>12</sup> *Neue Freie Presse (Morgenblatt)*, May 3, 1913, cited in Meglitsch 2005: 102.



## Klang als Material: „Das Mysterium der Akustik“, Adolf Loos, 1912

Der österreichische Architekt Adolf Loos (1870–1933) war dafür bekannt, dass er sich in seinen Zeitungsartikeln und Essays vehement für einen zeitgerechten Einsatz der Technik einsetzte. Der technisch-wissenschaftliche Apparat der raumakustischen Beschreibung wird in „Das Mysterium der Akustik“ aber zum Gegenspieler der musikalischen Aura, welche Loos von der Beschreibung der modernen Bauphysik bedroht sah. Die Technik erscheint im Text zugleich unheimlich und faszinierend, ansonsten hätte Loos nicht gleichzeitig auf dem Mysterium beharrt und doch seine Kenntnisse der neuesten Entwicklungen in den Wissenschaften an den Tag gelegt.

„Das Mysterium der Akustik“ wurde im Januar 1912 in der österreichischen Musik- und Theaterzeitschrift *Der Merker* publiziert.<sup>9</sup> Der Text ist ein Plädoyer für die Erhaltung des Bösendorfer-Saals im Palais Liechtenstein an der Herrengasse 6 im Wiener Stadtzentrum, wo der Klaviermacher und Kunstmäzen Ludwig Bösendorfer 1872 im Erdgeschoss einen Konzertsaal eingerichtet hatte. Der Raum hatte im Vorfeld als Reithalle gedient, woran vor allem die großen Fenster an den langen Seiten des Raums erinnerten (**Abb. A, B**). Für den Umbau zum Konzertsaal wurde der Raum verkleinert. Die Raumakustik empirisch durch

<sup>9</sup> Loos 1997 [1931]: 15. Das Vorwort von Adolf Opel verweist darauf, dass die Datierung „Jänner 1912“ von Adolf Loos stamme. Das Datum scheint korrekt, auf den Seiten 9/10 des ersten Quartals 1912 ist der Text vorhanden. *Der Merker. Österreichische Zeitschrift für Musik und Theater* wurde von Richard Hatka und Richard Specht herausgegeben und erschien halbmonatlich von 1909 bis 1919. In Loos' Aufsatzsammlung von 1931 wurden alle Substantive klein geschrieben sowie Fragezeichen eingeführt, wo 1912 keine waren, z. B. beim folgenden Satz, welcher 1912 lautete: „Also gilt es wohl einen neuen Saal zu bauen, mit den genauen Abmessungen des alten, um den Anhängern der bisherigen Akustiktheorie recht zu geben und aus demselben Materiale, um mir recht zu geben.“ (Loos 1912: 9), und in der Überarbeitung wurde zu: „Also gilt es wohl, einen neuen Saal zu bauen mit den genauen abmessungen des alten, um den anhängern der bisherigen akustiktheorie recht zu geben und aus demselben material, um mir recht zu geben?“ Loos 1931: 116.

überlieferte und persönliche Erfahrung zu bestimmen, war vor der Begründung der wissenschaftlichen Raumakustik durch Sabine um 1900 die gängige Methode. Ludwig Bösendorfer nahm es selbst in die Hand, die bestmöglichen Klangverhältnisse zu schaffen, und zwar vom Sattel eines Ponys: Er ritt zusammen mit einem Freund durch die Halle und lauschte dem Nachhall der Rufe seines Freundes. Während des Umbaus ließ Bösendorfer die neue Wand drei Mal verschieben, bis er mit der Akustik zufrieden war.<sup>10</sup>

Das Eröffnungskonzert vom 19. November 1872 fand in einem halbfertigen Saal statt, der behelfsmäßig mit Stalllaternen beleuchtet war. Bösendorfer erkannte in Hans von Bülow's Angebot für einen Konzertabend die Möglichkeit, seinen Saal bekannt zu machen. Die Entwicklung über die vierzig Jahre seiner Nutzung schrieb die Musikhistorikerin Christina Meglitsch: „Durch Bösendorfer's immense Kontakte zu verschiedensten Künstlern und wichtigen Persönlichkeiten und vor allem durch die wunderbare Akustik wuchs der Bekanntheitsgrad und die Beliebtheit des Saales so stetig, dass er als gleichbedeutend – die Akustik jedoch weit überragend – mit dem großen Musikvereinsaal in die Geschichte einging.“<sup>11</sup> Zwar unterschieden sich die zwei Säle in ihrer Größe, – im Großen Saal des Musikvereins mit 1 600 Sitzplätzen wurden eher Symphonien, im Bösendorfer-Saal für fast 600 Zuhörer eher Klavier- und Kammermusikwerke aufgeführt, – trotzdem reiht dieser Vergleich den Bösendorfer-Saal in die Geschichte der weltbekanntesten Säle ein. Anlässlich des Abrisses des beliebten Saals zitierten viele Zeitungen die Geschichte der Entstehung eines führenden Musiksaals in einem ehemaligen Reitstall. „Dem Saale ging seine Herkunft lange nach“, schrieb eine Zeitung am Morgen nach dem letzten Konzert vom 2. Mai 1913.<sup>12</sup> Vor allem aber hallen die Namen der Persönlichkeiten nach, die während der 40 Jahre seiner Nutzung an den etwa 4 500 Konzerten im Bösendorfer-Saal aufgetreten waren, darunter die Pianisten Anton Rubinstein, Franz Liszt, Edvard Grieg, Béla Bartók und die Komponisten Johannes Brahms, Anton Bruckner und Gustav Mahler.<sup>13</sup>

<sup>10</sup> Meglitsch 2005: 123.

<sup>11</sup> Meglitsch 2005: 103. Meglitsch bezieht sich für diesen Vergleich auf die Erinnerungen von Friedrich Eckstein. (Eckstein, Friedrich: 1936. *Alte unnennbare Tage*. Wien: Herbert Reichner Verlag, 241).

<sup>12</sup> *Neue Freie Presse (Morgenblatt)*, 3.5.1913, zitiert in Meglitsch 2005: 102.

<sup>13</sup> Meglitsch 2005: 104/105.





them pianists and pianist-composers Anton Rubinstein, Franz Liszt, Edvard Grieg, and Béla Bartók, and composers Johannes Brahms, Anton Bruckner, and Gustav Mahler.<sup>13</sup>

On April 16, 1912, just after publishing his appeal for the preservation of the Bösendorfersaal in *Der Merker*, Loos was among the prominent guests there the evening when music by the Austrian composer Arnold Schoenberg were performed. In Berlin, Schoenberg received a report about the effusive acclaim of the public: “In just a short period of time, the picture has changed so much, when one thinks of the first performance by [the same quartet] at Bösendorfer compared with the one given today...”<sup>14</sup> It is unclear whether this refers to increased familiarization with Schoenberg’s music or with the hall itself; in either case, the phrase “a changed picture” refers to a shift in listening habits affecting both the music performed and the auditorium spaces.<sup>15</sup>

In architectural theory, Loos’s affinity for Schoenberg’s music is explained by parallels between Schoenberg’s *Harmonielehre*, a theory of tonal harmony of 1911, and Loos’s aesthetic of bare walls. In his dissertation, design historian Anders Munch formulates an analogy between them as two appearances of *Materialgerechtigkeit* (truth to material), which are both related to the “possibilities of the factual material.”<sup>16</sup> In this context, Loos remained indebted to an aesthetic discourse which did not take into consideration readings based on physics or the history of science. Loos’s plea for

the preservation of the Palais emphasized (albeit to little effect) that the miracle of this marvelous space could not be replicated elsewhere. In his short essay for *Der Merker*, Loos referred to the issue of demolition as being “not a question of reverence for the past, [but] a question of acoustics.”<sup>17</sup> He therefore begins his argument for the hall’s preservation with a historical summary of acoustics: “For centuries architects have been working on the problem of acoustics. They tried to solve it on the drawing board. They drew straight lines from the sound source to the ceiling, assuming the sound would bounce off at the same angle, like a billiard ball from the cushion, and continue on its way. But all these diagrammatic representations are nonsense.”<sup>18</sup>

The model of acoustics which Loos accurately characterizes by describing sound waves as behaving like “billiard balls” (the model of geometric architectural acoustics, which describes in particular the early deflections of the sound) was—contrary to his assertion that it is “nonsense”—valid, although it was relativized in 1900, when Sabine’s formula for calculating reverberation time was published. In the professional journal *The American Architect and Building News*, Sabine published a series of articles, all under the title “Architectural Acoustics.” In the first part, which appeared on April 7, 1900, he refers explicitly to the utilization of harmonic proportions such as 2:3:5, 1:1:2, and 2:3:4 for determining the proportions of rooms in order to arrive at good acoustics as being “untraced and remote.”<sup>19</sup> The remainder of the text, and all subsequent texts in the series, are devoted to describing his empirical-physical method. In the third part, he presents the celebrated formula “ $k = .171 * V$ .”<sup>20</sup> The coefficient “ $k$ ” was arrived at through the ratio of spatial volume

<sup>13</sup> Meglitsch 2005: 104/105.

<sup>14</sup> Bernhardt Rukschcio and Roland Schachtel draw upon the report sent to Arnold Schoenberg by Erhard Buschbeck, dated 16 April 1912. See Ernst Hilmar (ed.), *Arnold Schönberg. Gedenkausstellung*, Wien 1974: 246. Cited in Rukschcio/Schachtel 1982: 168. Engl. trans.: IP. Loos also participated in the indemnification fund for the premier performance of Schoenberg’s *Gurrelieder*, which requires an enormous orchestra. The premier took place in February 1913. With reference to “The Mystery of Acoustics,” Rukschcio/Schachtel remark (without further explanation) that as someone who had “suffered from hearing loss since childhood,” Loos had had an “especially sensitive relationship to acoustics.” Rukschcio/Schachtel 1982: 166.

<sup>15</sup> One of Emily Thompson’s thoroughly worked-through hypotheses are that the changes between 1900 and 1933 not only concerned the architecture of the halls but also the culture of listening. Thompson 2002: 229 ff.

<sup>16</sup> Munch 2004: 191ff.

<sup>17</sup> Loos 2002 [1931].

<sup>18</sup> Loos 2002 [1931].

<sup>19</sup> Sabine 1900a: 3: “Thus the most definite and often repeated statements are such as the following: that the dimensions of a room should be in the ratio 2:3:5, or according to some writers, 1:1:2, and others, 2:3:4; it is probable that the basis of these suggestions is the ratios of the harmonic intervals in music, but the connection is untraced and remote.”

<sup>20</sup> Sabine 1900b: 36. With minor modifications, the formula is still valid today. After 1900, the results that had been obtained empirically were reproduced mathematically by various physicists. Cited as a rule is the later formulation, dating from 1922, which appeared after Sabine’s death in the article “Reverberation” in the *Collected Papers on Acoustics*. Sabine 1922: 3–68. A further modification of the formula was the work of the physicist Carl Eyring in 1930; cf. Thompson 1997.

Am 16. April 1912, wenige Wochen nach seinem Aufruf zur Erhaltung des Bösendorfer-Saals in *Der Merker*, war Loos war unter den prominenten Gästen des dortigen „Schönberg“-Abends. Über die überschwängliche Zustimmung des Publikums wurde an Arnold Schönberg nach Berlin berichtet: „In wie kurzer Zeit eigentlich hat sich das Bild so verändert, wenn man der ersten Aufführung durch [dasselbe Quartett] bei Bösendorfer gedenkt und der heutigen...“<sup>14</sup> Ob hier eine Gewöhnung Schönbergs Musik oder an den Saal angesprochen war, – in beiden Fällen deutet das „veränderte Bild“ auf einen Wandel der Hörgewohnheiten, welche die gespielte Musik wie auch die Orte der Aufführungen betraf.<sup>15</sup>

Loos' Affinität zu Schönbergs Musik wurde in der Architekturtheorie mit einer Parallele von Schönbergs tonaler Harmonielehre von 1911 und Loos' Ästhetik der nackten Steine erklärt. In seiner Dissertation formulierte der Kunsthistoriker Anders Munch die Analogie dieser Ästhetik zu Schönbergs Musik als zwei Formen der Materialgerechtigkeit, als „Möglichkeiten des faktischen Materials“.<sup>16</sup> Dabei blieb Loos einem ästhetischen Diskurs verpflichtet, welcher eine bauphysikalisch-wissenschaftshistorische Lesart nicht in Erwägung zieht. Loos' Plädoyer für die Erhaltung des Palais hatte vergeblich betont, dass sich das Wunder des großartigen Saals an einem anderen Ort nicht wiederholen ließe. In seinem kurzen Aufsatz in der Musik- und Theaterzeitschrift behandelt Loos die Frage um den Abriss nicht als „eine Sache

der Pietät, sondern eine Frage der Akustik“.<sup>17</sup> Er beginnt deshalb sein Argument, warum der Bösendorfer-Saal erhalten bleiben müsse, mit einem historischen Abriss der Akustik: „Sie [die Architekten] zeichneten gerade Linien vom Tongeber nach der Decke und meinten, dass der Schall wie eine Billardkugel im selben Winkel von der Bande abspringe und seinen neuen Weg nehme. Aber alle diese Konstruktionen sind Nonsens.“<sup>18</sup>

Das von Loos im Prinzip korrekt beschriebene Modell von Schallwellen, die sich wie „Billardkugeln“ verhalten (das Modell der geometrischen Raumakustik, das vor allem die frühen Reflexionen des Schalls beschreibt) war – entgegen Loos' Behauptung, sie seien „Unsinn“ – weiterhin gültig, wurde aber im Jahr 1900 mit der Formel zur Berechnung der Nachhallzeit durch Sabine relativiert. In der Fachzeitschrift *The American Architect and Building News* veröffentlichte Sabine eine Serie von Aufsätzen, alle unter dem Titel „Architectural Acoustics“. Im ersten Teil vom 7. April 1900 bezeichnete er die Zuhilfenahme harmonischer Verhältnisse für die Raumproportionierung wie 2:3:5, 1:1:2 oder 2:3:4 für einen guten Raumklang explizit als nicht nachvollziehbar und weit hergeholt („untraced and remote“).<sup>19</sup> Den Rest des Texts und allen weiteren Folgen der Serie widmete er der Beschreibung seiner empirisch-physikalische Methode. Im dritten Teil präsentierte er dann die berühmte Formel „ $k = .171 * V$ “.<sup>20</sup> Der Koeffizient „k“ wurde aus dem Verhältnis von Volumen und Absorptionsvermögen der Raumeinfassungen ermittelt und postulierte ein lineares Verhältnis zwischen Nachhallzeit und den Parametern Volumen und Material eines Raums. Mit dieser Formel konnte unter Berücksichtigung von

**14** Burkhardt Rukschcio und Roland Schachel beziehen sich auf das Schreiben von Erhard Buschbeck an Arnold Schönberg, 16.4.1912, in: Ernst Hilmar, Hg., *Arnold Schönberg. Gedenkausstellung*. Wien 1974: 246. Zitiert in: Rukschcio/Schachel 1982: 168. Loos beteiligte sich auch am Garantiefonds für die Aufführung von Schönbergs Gurreliedern, die ein riesiges Orchester verlangten. Die Aufführung fand im Februar 1913 statt. Rukschcio/Schachel bemerken bezüglich des Texts „Das Mysterium der Akustik“ auch (ohne weitere Ausführungen), Loos habe als „seit Kindheit Gehörgeschädigter [...] ja ein besonders empfindliches Verhältnis zur Akustik.“ Rukschcio/Schachel 1982: 166.

**15** Eine der von Emily Thompson eingehend bearbeitete These ist, dass sich zwischen 1900 und 1933 nicht nur die Architektur der Musiksäle, sondern auch die Hörgewohnheiten veränderten. Thompson 2002: 229 ff.

**16** Munch 2004: 191ff.

**17** Loos 1912: 9.

**18** Loos 1912: 9. „Nonsens“ wurde 1931 mit „unsinn“ ersetzt. Loos 1997 [1931]: 117.

**19** Sabine 1900a: 3. „So sind die definitivsten und am meisten wiederholten Aussagen die folgenden: dass die Masse eines Raums im Verhältnis 2:3:5, oder, nach einigen Autoren: 1:1:2, nach anderen: 2:3:4 betragen sollen; es ist möglich, dass die Grundlage dieser Anregungen in den Verhältnissen der harmonischen Intervalle in der Musik zu finden sind, aber die Verbindung ist nicht nachvollziehbar und weit hergeholt.“ Dt. Übers.: SS.

**20** Sabine 1900b: 36. Die Formel ist mit einer kleinen Abweichung bis heute gültig. Nach 1900 wurde das empirisch erzielte Resultat von verschiedenen Physikern mathematisch nachvollzogen. Meist wird die spätere Formulierung aus den 1922, nach Sabines Tod herausgegebenen Aufsatz „Reverberation“ in den *Collected Papers on Acoustics* zitiert. Sabine 1922: 368. Eine weitere Bearbeitung der Formel geschah durch den Physiker Carl Eyring im Jahr 1930, siehe dazu Thompson 1997.

and the absorptive capacity of the spatial container, and postulated a linear ratio between reverberation time and the parameters of spatial volume and building materials of a room. By means of this formula, and by factoring in spatial volume and surface area, it was possible to calculate the time it takes for a sound to die out in a specific room. In countless measurements, Sabine had observed the course of the diffusion of sound energy in a given space. At night, in particular, when ambient noise was less likely to interfere with his experiments, he installed felt cushions and fabric in the auditoria under examination in order to analyze their influence on the time it took for the reverberations to decay (Fig. C). The fact that soft materials absorb sound more effectively than stone walls was a phenomenon that had not yet been investigated or explained, and became scientifically comprehensible for the first time only through Sabine's experiments.

In his plea, in any event, Loos proposed that the sound within the “naked walls” of the Bösendorfersaal should be amplified—as practiced in ancient Greece—by using “chambers [...], within each of which an enormous metal basin was installed and covered with a drumhead.”<sup>21</sup> Here, he has recourse to Vitruvius's description of the *Echea*.<sup>22</sup> In Loos, however, Vitruvius's text appears in a distorted version. According to tradition, the Greek and Roman sound vases which Vitruvius proposed positioning below the seats of a theater were of bronze, or else executed more cheaply in clay. Loos's idea of a stretching them with skin seems to have been derived from a different source.

In the following section, Loos refers to the unsuccessful attempt in Manchester to replicate the Bremen Konzertsaal. Here, he wants to emphasize that the aura of a singular concert hall cannot be reproduced, and that the unique Bösendorfersaal cannot be rebuilt at another location: “The acoustics of a hall do not depend on the spatial design,

but on the materials.”<sup>23</sup> With extreme simplification, to be sure, but nonetheless in his customary pointed style, Loos displays his knowledge of the latest scientific developments in acoustics in the initial sections of his brief text. He describes the way in which soft materials and curtains “absorb the sound,” thereby “taking away its fullness.” He dismisses such measures as a “surrogate.” In contradistinction to his own ambient cladding of the interiors, Loos demands that the walls of the concert hall be a *tabula rasa*.<sup>24</sup>

Even today, Loos—who was referred to by a contemporary as the “negator of Vienna”—remains difficult to classify.<sup>25</sup> He simultaneously created multiple connections to others while continually setting himself apart. While architectural theory considers Loos primarily through the question of style, the history of science opens the possibility to establish a very different contextualization of his arguments.

In “Das Mysterium der Akustik,” Loos presents an idiosyncratic appropriation of reverberation theory: like Sabine, he traces architectural acoustics back to the acoustic behavior of materials, yet without considering their physical properties, and emphasizes instead their age and use: “But until now every new hall has had poor acoustics. [...] Have our ears changed? No, it is the material the hall is made from that has changed. For forty years the material has absorbed good music and has been impregnated with the sound of Philharmonic and the voices of our singers. These are mysterious changes in molecular structure which until now have only been observed in the wood violins are made of.”<sup>26</sup>

Loos compares the Bösendorfersaal with a precious, irreplaceable instrument. In this text, the only one in which he refers directly to architectural

21 Loos 2002 [1931].

22 In the fifth of his *Ten Books*, Vitruvius too dealt with the phenomenon of resonance in architecture: he recommended placing resonating bodies in niches beneath the rows of seats of the theater in order to amplify the singing and enhance the comprehensibility of the words. Despite the fact that these “sound vessels” or “sound vases” (*Echea*) are discussed at the point of departure in virtually every history of acoustics, they cannot be regarded as predecessors of the modern science of space acoustics, nor of the Helmholtz resonators. Instead, their use was recommended by a classical tradition which Vitruvius integrated into the comprehensive instructions for building contained in his *Ten Books on Architecture*.

23 Loos 2002 [1931].

24 Loos's continuation of the credo of the Viennese Secession, the “nuda veritas” is characterized by Ákos Moravánszky as “a pathos of unveiling and unmasking,” but also as a contradiction: façades and walls appear in them simultaneously as “*tabulas rasa*” and as “masks.” Moravánszky 2008: 60ff.

25 The writer Karl Marilaun continues: “...namely the negator of a fidelity, a roasted chicken coziness (*Backhendelbehaglichkeit*), a Viennese wallpaper with ornaments which brought us the Austrian apocalypse.” Marilaun 1922: 32, cited in Oechslein 2002 [1994]: 116, 120.

26 Loos 2002 [1931].

Raumvolumen und Flächeninhalten die Zeit, bis ein Ton in einem bestimmten Raum abgeklungen war, berechnet werden. In zahllosen Messungen hatte er den Verlauf der Schallenergieverteilung im Raum beobachtet. Vor allem nachts, wenn keine Umgebungsgeräusche die Experimente störten, hatte er Filzkissen und Stoffe im zu untersuchenden Auditorium ausgelegt und deren Einflüsse auf die Zeit, bis der Nachhall abgeklungen war, untersucht (**Abb. C**). Dass weiche Materialien den Schall stärker absorbieren als steinerne Wände war als Phänomen bisher nicht untersucht oder erklärt worden und wurde erst durch Sabines Experimente wissenschaftlich nachvollziehbar.

Loos forderte in seinem Plädoyer allerdings, dass der Ton innerhalb der „nackten Mauern“ des Bösendorfer-Saals wie bei den Griechen mit „Kammern [...], in denen sich je ein riesiges metallenes Becken befand, das mit Trommelfell bespannt war“ verstärkt werde.<sup>21</sup> Hier griff er auf Vitruvs Beschreibung der „Echea“ zurück.<sup>22</sup> Bei Loos erschien Vitruvs Text allerdings in verfremdeter Version. Die griechischen und römischen Tonvasen, die Vitruv unter den Sitzen im Theater zu platzieren vorschlug, wurden gemäß der Überlieferung aus Bronze oder, in billigerer Ausführung, aus Ton hergestellt. Loos' Idee einer Bespannung mit Fellen scheint aus einer anderen Quelle zu stammen.

Im nächsten Abschnitt verweist Loos auf eine erfolglose Kopie des Bremer Konzertsaals in Manchester. Damit wollte er unterstreichen, dass sich die Aura eines einzigartigen Konzertsaals nicht reproduzieren ließe, und dass der einzigartige Bösendorfer-Saal nicht an einem anderen Ort wieder aufgebaut werden könne: „Denn die Akustik eines Saales ist nicht eine Frage der Raumlösung, sondern

21 Loos 1912: 9; Loos 1997 (1931): 116: „jeweils ein riesiges metallenes Becken“.

22 Vitruv hat im fünften der zehn Bücher auch das Phänomen der Resonanz in der Architektur festgehalten: Er empfahl, Resonanzkörper in Nischen unter den Sitzreihen eines Theaters einzulassen, um den Gesang zu verstärken und die Sprachverständlichkeit zu erhöhen. Vitruv 1987, 220–223. Auch wenn diese „Schallgefäße“ oder „Klangvasen“ („Echea“) in fast jeder Geschichte der Akustik als Ausgangspunkt angeführt werden, können sie nicht als Vorläufer weder der modernen raumakustischen Wissenschaften noch der Helmholtz-Resonatoren betrachtet werden. Vielmehr waren sie aus antiken Überlieferungen übernommene Ratschläge, welche Vitruv in die umfassenden baulichen Handlungsanweisungen seiner zehn Bücher integriert hatte.

eine Frage des Materials.“<sup>23</sup> Zwar mit übermäßiger Vereinfachung, jedoch im gewohnt pointierten Stil bewies Adolf Loos in den ersten Abschnitten seines kurzen Texts seine Kenntnisse der neueren wissenschaftlichen Entwicklung in der Akustik. Er beschreibt, wie weiche Stoffe und Vorhänge den „Ton aufsaugen“ und ihm so die „Fülle nehmen“. Solche Maßnahmen verwirft er als „Surrogate“. Entgegen seinen eigenen, stimmungsvoll ausgekleideten Interieurs unterstellte Loos die Wände des Konzertsaals der Forderung einer *Tabula rasa*.<sup>24</sup> Loos, den ein Zeitgenosse als „Verneiner von Wien“ bezeichnete, lässt sich weiterhin nur schwierig zuordnen.<sup>25</sup> Zugleich schuf er mehrfache Anbindungen und grenzte sich ständig ab. Während in der architekturtheoretischen Sichtweise die Frage des Stils den Diskurs zu Loos dominiert, lässt sich wissenschaftsgeschichtlich eine ganz andere Anbindung seiner Argumentation aufzeigen.

Was Loos in seinem Text „Das Mysterium der Akustik“ präsentiert, ist eine eigensinnige Anverwandlung der Nachhalltheorie: Er führt die Raumakustik – wie Sabine – auf das akustische Verhalten des Materials zurück, ohne aber dessen physikalische Eigenschaften, sondern Alter und Nutzung zu betrachten: „Aber bisher war jeder neue Saal schlecht akustisch. [...] Haben sich unsere Ohren geändert? Nein, das Material, aus dem der Saal besteht, hat sich geändert. Das Material hat durch vierzig Jahre immer gute Musik eingesogen und wurde mit den Klängen unserer Philharmoniker und den Stimmen unserer Kammersänger imprägniert. Das sind mysteriöse Molekularveränderungen, die wir bisher nur am Holze der Geige beobachten konnten.“<sup>26</sup>

Loos vergleicht den Bösendorfer-Saal mit einem nicht zu ersetzenden, kostbaren Instrument. In diesem einzigen Text, in dem der Architekt sich direkt auf die Raumakustik bezieht, instrumentiert er die junge Wissenschaft in einer metaphysischen Adaption für die Erhaltung eines

23 Loos 1912: 9.

24 Loos' Weiterführung des Credo der Wiener Secession, der „Nuda veritas“, beschreibt Ákos Moravánszky als „Entschleierungs- beziehungsweise Demaskierungspathos“ und als widersprüchlich: Fassaden und Wände erscheinen darin gleichzeitig als „*Tabula rasa*“ und als „Maske“. Moravánszky 2008: 60 ff.

25 Der Schriftsteller Karl Marilaun schrieb weiter: „Nämlich des Verneiners einer Fidelität, einer Backhendelbehaglichkeit, einer wienerischen Tapeziererei mit Ornamenten, die uns den österreichischen Weltuntergang beschert hat.“ Marilaun 1922: 32, zitiert in: Oechslin 1994: 116; 120.

26 Loos 1912: 10. Loos 1997 [1931]: 117: „den Stimmen unserer Sänger“.



acoustics, he instrumentalizes recent science in a metaphysical adaption in order to argue for the preservation of the forty-year-old concert hall. He compares the hall's interior to the sounding body of a string instrument within which "mysterious molecular transformations" have taken place. There is no scientific basis for his analogy of space and instrument, nor for such transformations, which Loos claims to have "observed." Advisedly, he suppresses the fact that the hall was built into a former riding hall, instead invoking the musicality of the concerts organized there by Bösendorfer.

Loos dismisses conventional models which involve drawing sound lines in favor of a modern modeling technique based on Wallace C. Sabine's calculations of sound energy, which, however, he subjects to a metaphysical transformation. We can assume that Sabine's reverberation theory was known in Vienna when Loos composed his plea. In May 1911, eight months prior to Loos's article, Gustav Jäger, professor of physics at the Technische Universität in Vienna, had presented research results in the tradition of Sabine's reverberation experiments at the Austrian Academy of Sciences in Vienna.<sup>27</sup> Jäger had examined Sabine's experimental results mathematically. His publications demystified acoustics, possibly triggering a discussion among Viennese intellectuals. That which modern architectural acoustics—and later electrical engineering, with its increasingly cushioned and insulated room outfittings—called into question was nothing less than the frozen, inactive presence of architecture.

In Loos's 1912 article, the conflict between technical objectification, traditional assumptions, and personal perception constituted the point of departure for a polemic involving intricate and contradictory metaphors. If for nothing else than its brevity (fewer than six hundred words), Loos does not subject the physical modeling of space to any far-reaching theory formation in this text. The immediate context of the publication was the efforts to save the Bösendorfersaal from demolition. That Loos supports his argument with reference to the "soul of the materials," and writes that the material "soaks up" the music and is "impregnated" with song endows his essay with a basic irrationality—one that perhaps reflects the reactions of the bourgeoisie to the impending upheaval represented by modern science.

<sup>27</sup> Jäger 1911: 3/4, 8, 22.

**Simultaneously  
Metaphysical and Physiological  
Explanations:  
On Music and Architecture,  
Herman Sörgel, 1925**

Both in the journal *Baukunst*, which he edited, as well as in other contexts, the German architect Herman Sörgel (1885–1952) was preoccupied with space and sound. An issue which appeared in 1925—the first year of the journal's publication—was devoted to the topic "Architecture and Music." The principal concern was not with audible or measurable sound, but instead with the aesthetic order underlying space. Sörgel's attempt to theorize the relation of the two disciplines makes reference to a broad spectrum of explanatory models in existence around 1920. Alongside recent developments from mathematics and psychophysics, he relied upon concepts drawn from Vitruvius's teachings on architecture, as well as on music theory. The various contributions to this issue display the spectrum of sources from which knowledge on architecture was generated during the 1920s. In some instances, the coexistence of various explanatory models led to remarkable conceptual bridge building. At the same time, all of the journal's articles demonstrate the deficiencies of current architectural theory when it came to the knowledge of physical acoustics.

In earlier writings on architectural aesthetics, Sörgel had referred to the opposition between technical expertise and philosophical education as "chimerical."<sup>28</sup> In the seventh issue of *Baukunst* of

<sup>28</sup> In the introduction to his *Architektur-Ästhetik* of 1918, Sörgel criticized the divergence between practice and theory in architecture: "Particularly in architecture, there exists a sharp opposition between artists and theoreticians, between those with specialist training and those whose formation was historical or philosophical. In many cases, this opposition is only chimerical. Both would be stimulated by mutual familiarity; a bridge between the two, initiated via a process of mediation, would be highly beneficial—even if it introduced nothing new in itself. Vitruvius already demanded that in architecture, theory and practice (*ratio\* cinatio et fabrica*) should go hand in hand." Sörgel 1918: VI. Engl. trans.: IP

vierzigjährigen Musiksaals. Er vergleicht den Innenraum eines Konzertsaals mit dem Schallkörper eines Streichinstruments, wo es „mysteriöse Molekularveränderungen“ gäbe. Weder für die Analogie von Raum zu Instrument noch für solche gemäß Loos „beobachteten“ Veränderungen gibt es wissenschaftliche Grundlagen. Dass der Saal in eine Reithalle eingebaut worden war, unterschlägt er wohlweislich, vielmehr beschwor er die musikalische Aura der Bösendorferschen Konzerte.

Adolf Loos kritisiert das herkömmliche Modell, Schallstrahlen zu zeichnen, zugunsten einer moderneren Modellbildung, welche an Wallace C. Sabines Berechnungen der Schallenergie anlehnt, die Loos allerdings einer metaphysischen Anverwandlung unterzieht. Es kann angenommen werden, dass Sabines Nachhalltheorie in Wien bekannt war, als Loos sein Plädoyer verfasste. Gustav Jäger, Professor für Physik an der Technischen Hochschule in Wien, hatte im Mai 1911, also mehrere Monate vor der Publikation von Loos' Artikel, an der Wiener Akademie der Wissenschaften Forschungsergebnisse in der Tradition der Nachhallexperimente von Sabine vorgestellt.<sup>27</sup> Jäger hatte Sabines experimentelle Ergebnisse auch mathematisch überprüft. Seine Publikationen über eine Entmystifizierung der Akustik hatte womöglich unter den Intellektuellen Wiens für Diskussionen gesorgt. Was die moderne Raumakustik und später die Elektrotechnik mit zunehmend gedämpften und gedämmten Raumausstattungen infrage stellten, war nicht weniger als die statische Präsenz der Architektur.

In Loos' Zeitungsessay von 1912 bietet der Konflikt technischer Objektivierung, überlieferter Annahmen und empfundener Wirkungen die Ausgangslage für eine Polemik mit verwickelten und auch widersprüchlichen Metaphern. Allein schon wegen der Kürze von weniger als sechshundert Wörtern wurde die physikalische Modellierung des Raums in diesem Text keiner tiefgründigen Theoriebildung zugeführt. Dass Loos sich in seiner Argumentation auf die „Seele des Materials“ stützte und schrieb, das Material „saugte“ die Musik „ein“ und werde mit Gesang „imprägniert“, verleiht dem Essay einen irrationalen Grundton – der vielleicht auch die Reaktionen des Bürgertums auf die Umbrüche, welche die modernen Wissenschaften in Aussicht stellten, spiegelte.

<sup>27</sup> Jäger 1911: 3/4, 8, 22.

**Simultane  
metaphysische und physiologische  
Begründungen:  
„Musik und Architektur“,  
Herman Sörgel, 1925**

Der deutsche Architekt Herman Sörgel (1885–1952) setzte sich in der von ihm herausgegebenen Zeitschrift *Baukunst* in anderer Weise mit Raum und Klang auseinander. Im ersten Jahrgang der Zeitschrift von 1925 war eine Ausgabe dem Thema „Architektur und Musik“ gewidmet. Dabei ging es in der Hauptsache nicht um hör- oder messbaren Klang, sondern um eine dem Raum unterlegte ästhetische Ordnung. Sörgels Versuch einer Theoriebildung nimmt Bezug zu einem breiten Spektrum von um 1920 vorhandenen Erklärungsmodellen. Neben neueren Entwicklungen aus der Mathematik und Psychophysik lehnt er sich an Begriffe aus Vitruvs Architekturlehre genauso wie aus der Musiktheorie an. Die verschiedenen Beiträge der Ausgabe zeigen das Spektrum der Quellen auf, aus welchen in den 1920er-Jahren Wissen für die Architektur generiert wurde. Die Koexistenz der verschiedenen Erklärungsmodelle führte zuweilen zu merkwürdigen Brückenschlägen. Gleichzeitig demonstriert die Zeitschrift über alle Beiträge hinweg das Fehlen des Wissens zur physikalischen Akustik in der Architekturtheorie.

Sörgel hatte in früheren Schriften zur Architekturästhetik den Gegensatz zwischen technischer Expertise und philosophischer Bildung als „eingebildet“ bezeichnet.<sup>28</sup> In der siebten Ausgabe der Zeitschrift *Baukunst* vom Juli 1925, als er sich dem Thema „Architektur und Musik“ widmet, greift er Gedanken aus verschiedenen modernen Wissenschaften auf. Über viele Seiten bleibt er allerdings der traditionellen Betrachtungsweise verhaftet und beruft sich auf Begriffe wie Rhythmus

<sup>28</sup> In der Einleitung seiner *Architektur-Ästhetik* von 1918 kritisierte Sörgel das Auseinanderklaffen von Praxis und Theorie in der Architektur: „Es besteht gerade in der Architektur ein scharfer Gegensatz zwischen Künstlern und Theoretikern, den fachmännisch und den historisch oder philosophisch Gebildeten. Der Gegensatz ist oft nur ein eingebildeter. Beide würden sich durch gegenseitiges Kennenlernen fördern; eine Brücke zwischen ihnen könnte allein durch den Versuch einer Vermittlung – auch wenn sie an sich selbst nichts Neues brächte – für die Sache sehr von Vorteil sein. Schon Vitruv forderte, dass in der Architektur Theorie und Praxis (ratio\* cinatio et fabrica) Hand in Hand gehen sollen.“ Sörgel 1918: VI.

## Figures

## A

Ground floor of Palais Liechtenstein at Herrengasse 6 in Vienna. The image shows the floor plan included in the rental agreement between Ludwig Bösendorfer and Prince Liechtenstein.

*Plan from Liechtenstein Property Management, Vienna (Palais Liechtenstein), printed Meglitsch 2005. Courtesy: Christina Meglitsch.*

## B

Postcard of the Bösendorfer Saal interior, built into the former riding hall at Palais Liechtenstein in 1872.

*Copyright: Archive, library and collections of the Gesellschaft der Musikfreunde, Vienna.*

## C

The “first unit of acoustical absorption”: seat cushions from the Sanders Theater, which Wallace C. Sabine used, beginning in 1895, for his experiments with the Fogg Lecture Theater at Harvard University, where the lectures were unintelligible due to reverberation lasting too long.

*Courtesy: The Collection of Historical Scientific Instruments, Harvard University.*

## D, E

On three spreads of the 1925 issue of his journal *Baukunst* dedicated to “Architecture and Music,” Herman Sörgel explains formal analogies based on the terms “series,” “eurhythmy,” and “symmetry.”

*Source: Sörgel 1925b.*

## F

Cover of *Der Raum als Membran* (Space as Membrane) of 1926: A contribution to architecture that should, according to its author Siegfried Ebeling, place itself in the formative hands of a total science.

## G

This drawing of a house by Siegfried Ebeling was made during his employment with the “metal house” project group at the Junkers airplane factory in Dessau in 1926, the same year his text *Der Raum als Membran* (Space as Membrane) was published and his son Rago was born.

*Courtesy: Rago T. Ebeling.*

## H

In 1937 Dayton C. Miller introduced the Phonodeik, an apparatus he had developed. Visual analysis created by the Phonodeik showing human voice, music, and the strike of a bell.

*Source: Miller 1937.*

## I

In 1939 the physicist Erwin Meyer published sound waves registered in oscillograms. By registering the spoken words “Wissen” (knowledge) and “Wiesen” (meadows) the scientists made sure that their discoveries could be visualized and understood beyond the confines of the acoustic laboratory.

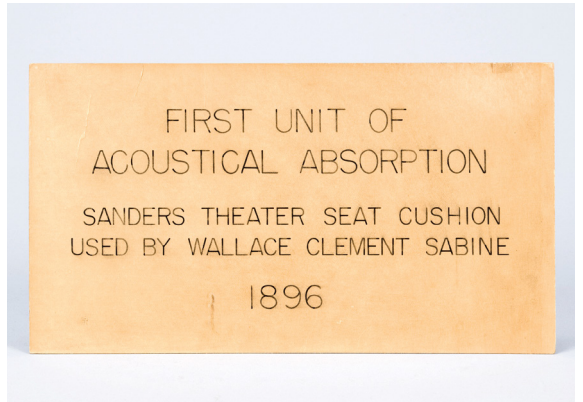
*Source: Meyer 1939.*







C



D

## DIE ALLGEMEINSTE FORMGESETZE

### DIE DREI GESETZE

Es muß ausdrücklich betont werden, daß es sich hier nur um die Formgesetze, Gegebenen (Proportion, goldener Schnitt und Ähnlichkeit) ergänzt werden Drittel im Wesen des Gesamtkunstwerks: nämlich das For

**SCHEMA:**

Von geräuschten Einzelteilen soll man nicht mehr als sechs reihen, ohne zu rhythmisierten. Sechs Einzelheiten sind noch leicht auffäher, bei mehr muß die Auffäbarkeit durch Begleitmotive unterstützt werden. Solche Begleitmotive sind in nebenstehender Architektur die Portale usw., in nebenstehender Musik der Bass.

**I. R E I**

**FRITZ SCHUMACHER**      Gemeindehaus in Eppendorf bei Hamburg

Ähnlich: Emil Fahrenkamp, Fabrikanlagen von Rheinstahl-Nürnberg, Lagerhalle

**SCHEMA:**

Innerhalb d. einzelnen Glieder treten natürlich leichte Schwankungen u. Abwandlungen untereinander auf, die sich sowohl architektonisch als auch musikalisch in verschiedenen Nuancen und Variationen ausdrücken.

**II. R E I**

**SÖRDEL & WOLF**      Reihenhäuser in einer Stellungstraße

164

## IN ARCHITEKTUR UND MUSIK

### DES REGELMÄSSIGEN

nämlich die drei Gesetze des Regelmässigen, die durch die drei Gesetze des Mässigen, handelt. Diese sechs Gesetze zusammen bilden wiederum nur ein Maß neben dem Seelischen und dem Verstandesgemässen.

**III. R E I**

**RICHARD WAGNER**      Landung des Holländers

Ähnlich: Tropfenmotiv in Pfitzners Rose vom Liebesgarten

**IV. R E I**

**FRANZ SCHUBERT**      „Geheimnis“, Op. 11 Nr. 2

Ähnlich (mit 2 Achteln am Leitton) in „Heimweh“ von Hugo Wolf

**V. R E I**

**HUGO WOLF**      „Heimweh“

165




E

GÖTTMAN BEITELMEYER

HEURH

SCHEMA



Die Wiederholung der Einzelgruppe innerhalb des ganzen Rhythmus ist in der Architektur häufiger als in der Musik, so das rhythmische Glied oft nur einmal auftritt und dann in irgend einer Folge wiederholt.



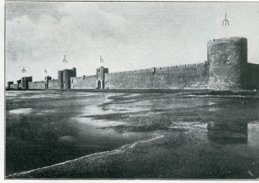
Vorlesungsgebäude, Berlin

Algeria-Mortin, Südtunisien

SCHEMA



Dieses Schema kann wiederholt noch erweitert werden. A. B. sind Mittelglieder statt zum Abschluss, indem zwei Untereinlagen statt einer gesetzt werden usw.




„Bei Algeria-Mortin ist alles aus einem Gef. und zerfallen, wöhl Leben.“ A. E. Brechtelmann

THMIE

RICHARD STRAUSS


„Maiden“ Op. 17, No. 1



Ein etwas freier Rhythmus findet sich z. B. in Hugo Wolf's „Fischer“ und „Grenzwärter“

LEIDUNG BEETHOVEN

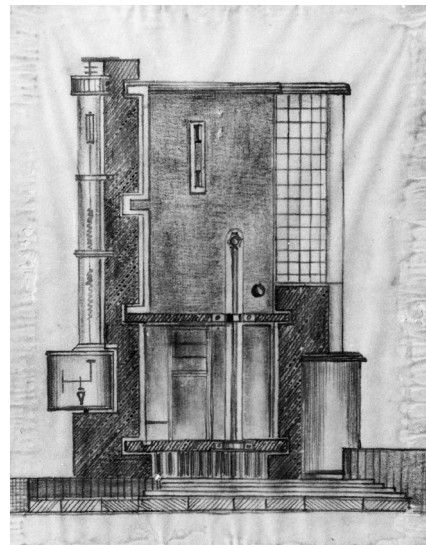
V. Symphonie, 3. Satz (Andante)



Musikalisches Gesammeltliches finden sich z. B. in den 11 Variationen über ein Klavierstück, im 3. Quartett von Beethoven, ferner im 4. und 5. mit dem „Maggio“ und „Maggio“ der Maxia ferner in der dritten Symphonie Beethoven's. — Der Symphonie ist die Erweiterung der Form durch Instrumentierung.



F



G

H

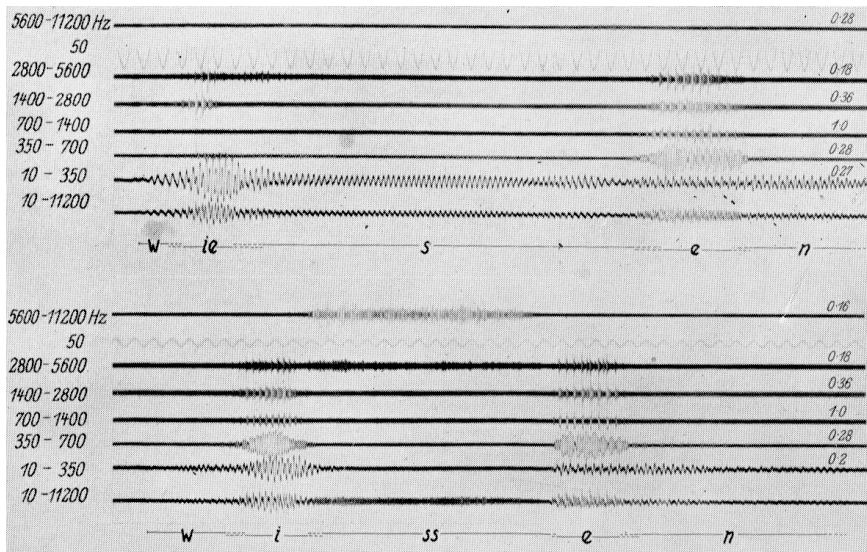
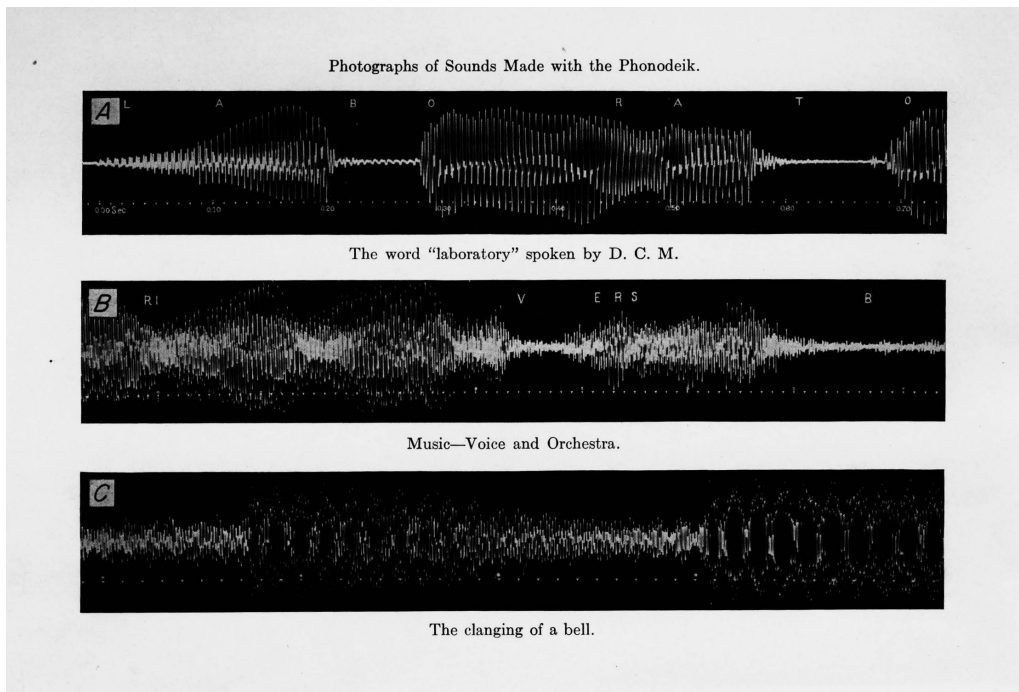


Fig. 28. Filter oscillograms of the words "Wiesen" (*veesen*) and "Wissen" (*vissen*).  
(Measurements of Vierling-Sennheiser.)

I

# Abbildungen

## A

Erdgeschoss des Palais Liechtenstein an der Herrengasse 6 in Wien. Die Abbildung zeigt den Grundriss, wie er den Mietverträgen, die Ludwig Bösendorfer mit dem Fürsten von und zu Liechtenstein abgeschlossen hatte, beigefügt war.

*Plan der Liechtensteinschen Liegenschaftsverwaltung Wien (Palais Liechtenstein), aus Meglitsch 2005. Mit freundlicher Genehmigung: Christina Meglitsch.*

## B

Postkarte mit einer Innenansicht des Bösendorfer-Saals, der 1872 in der bisherigen Reithalle im Palais Liechtenstein eingebaut wurde.

*Copyright: Archiv, Bibliothek und Sammlungen der Gesellschaft der Musikfreunde in Wien.*

## C

Die „erste Einheit akustischer Absorption“: Sitzkissen aus dem Sanders-Theater, welches Wallace C. Sabine ab 1895 für seine Experimente im Fogg Lecture Theater der Harvard University verwendete, wo die Vorträge wegen der zu langen Nachhallzeit nicht verständlich waren.

*Mit freundlicher Genehmigung: Collection of Historical Scientific Instruments, Harvard University.*

## D, E

Herman Sörgel erläuterte auf drei Doppelseiten seiner der „Architektur und Musik“ gewidmeten Ausgabe der Zeitschrift *Baukunst* von 1925 formale Analogien anhand der Begriffe „Reihung“, „Eurhithmie“ und „Symmetrie“.

*Quelle: Sörgel 1925b.*

## F

Umschlagbild und Seiten von *Der Raum als Membran* aus dem Jahr 1926: Ein Beitrag zur Architektur, der sich nach dem Wunsch seines Autors Siegfried Ebeling „in die gestaltende Hand aller Wissenschaft“ legen möge.

## G

Diese Zeichnung eines Hauses von Siegfried Ebeling entstand während seiner Anstellung in der Projektgruppe „Metallhaus“ der an der Bauabteilung der Junkers-Werke in Dessau im Jahr 1926, als auch seine Schrift *Der Raum als Membran* publiziert und sein Sohn Rago geboren wurde.

*Mit freundlicher Genehmigung: Rago T. Ebeling.*

## H

1937 stellte der Akustiker Dayton C. Miller ein von ihm entwickeltes, "Phonodeik" genanntes Gerät vor. Vom Phonodeik erzeugte Klangaufzeichnung von Stimme, Musik und Glockenschlag.

*Quelle: Miller 1937.*

## I

1939 veröffentlichte der Physiker Erwin Meyer seinerseits in Osziollogrammen festgehaltene Schallwellen. Mit den Aufzeichnungen der gesprochenen Worte „Wissen“ und „Wiesen“ vergewisserten sich die Wissenschaftler auch, dass ihre Erkenntnisse sichtbar gemacht werden könnten und auch außerhalb der akustischen Laboratorien gültig seien.

*Quelle: Meyer 1939.*

July 1925, he takes up ideas from different modern scientific disciplines. For many pages, however, he remains indebted to traditional perspectives, and invokes concepts such as rhythm and symmetry as common denominators of architecture and music. For the most part, he generates analogies between music and architecture through the theory of harmony, but also refers to recent texts on the psychology of perception. Of interest is his reception of the concept of space-time, derived from the theory of relativity, which, in an excursus on mathematics and physics, he employs instead of traditional concepts of proportion and harmony in order to establish a relationship between music and architecture:

“Space-time,’ as a general expression, refers to the ultimate basis of operations both in architecture and in music, analogous to the ‘planar image’ in painting and poetry, and the ‘bodily solid’ in sculpture and performance art. Space-time should be understood as an artistic analogy for relativity theory.”<sup>29</sup> In his theory, then, Sörgel relies upon contemporary modern science, especially on the theory of relativity formulated by Albert Einstein between 1905 and 1916—however not on architectural acoustics as founded by Sabine around 1900.<sup>30</sup>

Through this reference to space-time, Sörgel followed numerous artists and art historians who were inspired by the idea of a mathematically founded “space-time continuum.” Sigfried Giedion took up the idea as the title for *Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition* of 1941, his influential work of architectural history. In the most comprehensive, sixth chapter, which bears the title “Space-Time in Art, Architecture, and Construction,”<sup>31</sup> he summarizes European developments in relation to Le Corbusier, Ludwig Mies van der Rohe, Alvar

<sup>29</sup> Herman Sörgel, “Architektur und Musik im System der Künste,” in: Sörgel 1925a: 157. Engl. trans.: IP

<sup>30</sup> In 1921, Albert Einstein was awarded the Nobel Prize, and hence public recognition for the theory of relativity—which had already awakened the interest of artists (i.e. Paul Klee). Gott dang 2004: 245. Admittedly, the Nobel Prize was not awarded for relativity theory, but instead for the discovery of photoelectrical effects, cf. also Fickinger 2011: 91.

<sup>31</sup> Giedion 1969 [1941]: 429–706.

Aalto, and the *Congrès Internationaux d’Architecture Moderne* (CIAM). In a number of books, Giedion refers to the lecture “Raum und Zeit” (Space and Time) which was delivered in 1908 by the German mathematician Hermann Minkowski.<sup>32</sup> In comparison to Sörgel’s approaches to the relationships between music and art, Giedion’s recourses to texts of natural science represent radical appropriations through which mathematics are placed at the service of a traditional form of art history. In contrast, Sörgel continually attempted—at times simultaneously—to examine how other sciences too could influence architecture. The connection between music and architecture seemed to him to be confirmed by the conceptual construct of space-time because it interrelated architecture as an art in space and music as an art in time: “Even if this unified rhythm is expressed distinctly in architecture as spatial rhythm and in music as temporal rhythm, both are anchored in a common cosmic space-time rhythm to which we might perhaps gain access via the music of the spheres as a symptomatic expression.”<sup>33</sup>

In another shorter text entitled “The Simplest Basic Elements of Musical and Architectural Effects” which appeared in the same issue of the journal, Sörgel refers to the research into perception carried out by Gustav Theodor Fechner and Hermann von Helmholtz.<sup>34</sup> The brevity of his formulation leads to uncertainty about whether Sörgel regarded acoustic vibration and oscillation theory merely as an expansion of number theory or whether he also sees it as containing temporal, dynamic phenomena. Throughout the issue, he refers again and again to the theory of proportion as the foundation of harmonic effects, at the same time incorporating more recent, physiological aspects into his reflections. This inherent contradiction illustrates the contemporary moment of upheaval, in which the process of the scientification of sensory impressions through physiology and experimental psychology triggered, to be sure, interest among art theorists, who were

<sup>32</sup> Hermann Minkowski’s lecture at the 80th Naturforscher-Versammlung in Cologne on September 21, 1908 “constitutes the last of his brilliant creations,” since Minkowski died on January 12, 1919 “in the prime of life and at the height of his powers.” Minkowski 1909: foreword, no pagination.

<sup>33</sup> Sörgel 1925b: 157. Engl. trans.: IP.

<sup>34</sup> Sörgel 1925c: 174.

und Symmetrie als gemeinsamen Nenner von Architektur und Musik. Die Analogie von Architektur und Musik stellt er überwiegend durch die Harmonielehre her, daneben verweist er auf neuere Schriften der Wahrnehmungspsychologie. Interessant erscheint sein Aufgreifen der aus der Relativitätstheorie entstammten Verständnis der Raumzeit, mit welchem er statt mit traditionellen Begriffen der Proportions- und Harmonielehre in einem Exkurs zur Mathematik und zur Physik das Verhältnis zwischen Musik und Architektur erläutert: „‚Raumzeit‘ ist also ganz allgemein ausgedrückt für Architektur sowohl als auch für Musik die letzte Operationsbasis, wie analog ‚Flächenbild‘ für Malerei und Dichtung, wie ‚Körperkubus‘ für Plastik und Bewegungskunst. Raumzeit möchte im künstlerisch analogen Sinn der Relativitätstheorie verstanden sein.“<sup>29</sup> Sörgel bezieht sich in seiner Theorie zwar auf die modernen Naturwissenschaften und im Speziellen auf die Relativitätstheorie, die Albert Einstein zwischen 1905 und 1916 formulierte, nicht aber auf die Raumakustik, wie sie Wallace C. Sabine um 1900 begründet hatte.<sup>30</sup>

Mit der Bezugnahme zur Raumzeit schließt sich Sörgel zahlreichen Künstlern und Kunsthistorikern an, die sich vom mathematisch begründeten „Raum-Zeit-Kontinuum“ inspirieren ließen. Sigfried Giedion machte das Thema zum Titel seiner einflussreichen Architekturgeschichtsschreibung *Space, Time and Architecture* von 1941 und fasste die europäische Entwicklung um Le Corbusier, Ludwig Mies van der Rohe, Alvar Aalto und die *Congrès Internationaux d'Architecture Moderne* (CIAM) im umfangreichsten, sechsten Kapitel mit der Überschrift „Raum-Zeit-Konzeptionen in Kunst, Konstruktion und Architektur“.<sup>31</sup> Giedion bezog sich

<sup>29</sup> Herman Sörgel: „Architektur und Musik im System der Künste“, in: Sörgel 1925a: 157.

<sup>30</sup> Mit der Verleihung des Nobelpreises an Albert Einstein im Jahr 1921 hatte die Relativitätstheorie, welche schon vorgängig das Interesse von Künstlern (z. B. Paul Klee) geweckt hatte, eine öffentliche Bestätigung erfahren. Gott dang 2004: 245. Allerdings wurde der Nobelpreis nicht für diese Theorie, sondern für die Entdeckung des fotoelektrischen Effekts verliehen, siehe dazu auch Fickinger 2011: 91.

<sup>31</sup> Giedion 1992 [1967]: 277–423.

in mehreren seiner Bücher auf den Vortrag „Raum und Zeit“ des deutschen Mathematikers Hermann Minkowski aus dem Jahr 1908.<sup>32</sup> Im Vergleich zu Sörgels Annäherungen an die Verwandtschaften von Musik und Kunst waren die Rückgriffe Giedions auf naturwissenschaftliche Texte radikale Anverwandlungen, in welchen die Mathematik in den Dienst einer traditionellen Form der Kunstwissenschaft gestellt wurde. Sörgel hingegen bemühte sich ständig, die verschiedenen Möglichkeiten der Einflüsse aus anderen Wissenschaften auf die Architektur – zuweilen gleichzeitig – zu berücksichtigen. Die Verbindung von Musik und Architektur erschien ihm über die Begriffs konstruktion Raum-Zeit bestätigt, in der die Architektur, als Kunst im Raum, und die Musik, als Kunst in der Zeit, sich verschränken: „Wenn dieser einheitliche Rhythmus sich auch in der Architektur als Raumrhythmus und in der Musik als Zeitrhythmus gesondert ausdrückt, so liegen doch beide in einem gemeinsamen kosmischen Raumzeitrhythmus verankert, über den vielleicht die Sphärenmusik als Ausdruckssymptom Aufschluss geben kann.“<sup>33</sup>

In einem weiteren, kürzeren Text „Die einfachsten Grundelemente musikalischer und architektonischer Wirkungen“ in derselben Ausgabe der Zeitschrift verwies Sörgel auf die Wahrnehmungsforschungen von Gustav Theodor Fechner und Hermann von Helmholtz.<sup>34</sup> In der Kürze der Formulierung bleibt unklar, ob Sörgel die Schwingungslehre nur als Erweiterung der Zahlenlehre betrachtet oder ob er darin auch zeitliche, dynamische Phänomene entdeckt. In der gesamten Ausgabe führt er immer wieder die Proportionenlehre als Grundlage harmonischer Wirkung an und bindet gleichzeitig neuere, physiologische Momente in seine Überlegungen ein. Dieser innere Widerspruch bildet den damals sich vollziehenden Umbruch ab, als der Prozess der Verwissenschaftlichung der Sinneindrücke durch die Physiologie und experimentelle Psychologie in der Kunsttheorie zwar Interesse auslöste, diese aber die alten Erklärungsmuster mit visuellen Analogien und Begriffen wie Rhythmisierung und Symmetrie noch nicht ablegen konnte.

Seinen ebenfalls für diese Ausgabe verfassten Aufsatz „Die allgemeinsten Formgesetze in

<sup>32</sup> Hermann Minkowskis Vortrag auf der 80. Naturforscher-Versammlung in Köln am 21. September 1908 „bildete die letzte seiner genialen Schöpfungen“, da Minkowski am 12.1.1919 „auf der Höhe seines Lebens und Schaffens“ verstorben war. Minkowski 1909: Vorwort, o. S.

<sup>33</sup> Sörgel 1925b: 157.

<sup>34</sup> Sörgel 1925c: 174.



nonetheless incapable of casting off earlier explanatory models involving visual analogies and concepts such as rhythmicization and symmetry.

In the article entitled “The Most General Principles of Form in Architecture and Music,” written for the same issue, Sörgel begins by saying that the spirit and the intellect are as well essential to the total work of art. The following pages however consider only the formal aspects: “It must be explicitly emphasized that is a question here solely of principles of form, namely the three principles of regularity, which must be supplemented by the three principles of order (proportion, the golden section, and resemblance). The six laws together, once again, form only one third of the essence of the total work of art: namely the formal alongside the spiritual and the intellectual.”<sup>35</sup>

This tentative introduction is followed by a firmly formal analogy between architecture and music which is devoted exclusively to the “three principles of regularity.” Sörgel elucidates the three concepts as follows: “1: series,” “2: eurhythmy,” and “3: symmetry,” each of which is given a double-page featuring vivid juxtapositions of architectural photographs on the left side and musical scores on the right<sup>36</sup> (Figs. D, E). All six buildings illustrated are by German architects, while the musical compositions are by Richard Wagner (who is represented twice), Franz Schubert, Richard Strauss, Ludwig van Beethoven, and Wolfgang Amadeus Mozart. On the first concept, series, Sörgel juxtaposes an image of a rhythmic composition of three-story row houses that he had designed in collaboration with the architect Richard Wolf with a composition by Franz Schubert; in the caption, he explains that “small natural fluctuations and modifications” emerge among the individual parts, which “are expressed, both architecturally as well as musically, in various nuances and variations.”<sup>37</sup>

Although Sörgel criticizes those who see architecture as a “discipline of imagery,” his own presen-

tation is dependent upon large-format architectural photographs. This reliance on the persuasive power of illustrations, together with a recourse to traditional concepts from the theory of harmony, signal the hesitations in changing the parameters of architectural design conception in the 1920s. The same is true for other authors represented in the July issue of Sörgel’s journal, among them the architect Erich Mendelsohn, the Bach expert Oskar Beyer, and the literary figure Karl Scheffler, who—as the art historian Andrea Gottdang has remarked—“relied almost exclusively on the power of metaphor, on the transposability of as many specialized terms as possible from one art into the other.”<sup>38</sup>

### Currents of Energy: Space as Membrane, Siegfried Ebeling, 1926

Fourteen years after the publication of Loos’s text “Das Mysterium der Akustik,” and nearly coinciding with the appearance of the issue of Sörgel’s journal discussed above, the German architect Siegfried Ebeling (1894–1963) published a small volume encompassing thirty-five pages of text and entitled *Der Raum als Membran* (Space as Membrane) (Fig. F). In it, Ebeling elucidates the theory of dynamic architecture, which he had presented already two years earlier in a special Bauhaus publication: “Through the creation of new structural relationships (application of new technical procedures), today’s still massive-porous clad space will become a membrane between our bodies as nuclei and the plasmatic energy of the larger world.”<sup>39</sup> This theory, according to which the frozen, inactive spatial container now is the locus of energy flows, was deepened by Ebeling in his 1926 text by referencing biology and physiology, physics and chemistry. Doing so, he emphasizes that his reflections do not only aim at technical applications, but also at a spiritual dimension of knowledge. Instead,

35 Sörgel 1925b: 164/165. Engl. trans.: IP. The author refers here to concepts which he had formulated seven years earlier in the chapter “Augeneindruck und Stimmungswert – Genius Loci” (Visual Impressions and Mood—Genius Loci) of his book *Einführung in die Architektur-Ästhetik. Prolegomena zu einer Theorie der Baukunst* formuliert hatte. Sörgel 1918: 216ff.

36 Sörgel 1925b: 164–169. The concepts of eurhythmy and symmetry are borrowed from Vitruvian theory.

37 Sörgel 1925b: 164. Engl. trans.: IP.

38 Gottdang 2004: 248. Engl. trans.: IP.

39 Ebeling 1924: 173. Engl. trans.: IP.

Architektur und Musik“ führte Sörgel mit dem Verweis ein, dass für das Gesamtkunstwerk auch Seele und Verstand eine Rolle spielten. Die folgenden Seiten widmen sich allerdings nur den formalen Aspekten: „Es muß ausdrücklich betont werden, daß es sich hier nur um die Formgesetze, nämlich die drei Gesetze des Regelmäßigen, die durch die drei Gesetze des Geregelten (Proportion, goldner Schnitt und Ähnlichkeit) ergänzt werden müßten, handelt. Diese sechs Gesetze zusammen bilden wiederum nur ein Drittel im Wesen des Gesamtkunstwerks: nämlich das Formale neben dem Seelischen und dem Verstandesgemäßen.“<sup>35</sup>

Dieser relativierenden Einleitung folgte eine entschlossen formale Analogiebildung zwischen Architektur und Musik, welche sich ausschließlich den „drei Gesetzen des Regelmässigen“ widmete. Sörgel erläuterte die drei Begriffe „1. Reihung“, „2. Eurhithmie“ und „3. Symmetrie“ auf jeweils einer Doppelseite mit bildstarken Gegenüberstellungen von Architektur Fotografien auf der linken und musikalischen Partituren auf der rechten Seite (Abb. D, E).<sup>36</sup> Alle sechs Bauwerke stammten von deutschen Architekten, die gegenübergestellten Musikkompositionen von Richard Wagner (der zweifach vertreten war), Franz Schubert, Richard Strauss, Ludwig van Beethoven und Wolfgang Amadeus Mozart. Zum ersten Begriff der „Reihung“ stellte Herman Sörgel die Ansicht einer rhythmischen Zeile von dreigeschossigen Reihenhäusern, welche er in Zusammenarbeit mit dem Architekten Richard Wolf entworfen hatte, einer Komposition von Franz Schubert entgegen und erklärte in der Bildlegende, dass innerhalb der einzelnen Glieder „natürlich leichte Schwankungen u. Abwandlungen“ aufträten, welche „sich sowohl architektonisch als auch musikalisch in verschiedenen Nuancen und Variationen ausdrücken“.<sup>37</sup>

Obwohl Sörgel die Architektur als „Bildwissenschaft“ kritisierte, verließ er sich in seiner Darstellung auf die Macht der großformatigen

<sup>35</sup> Sörgel 1925b: 164/165. Er bezog sich hier auf Begriffe, welche er sieben Jahre früher im Kapitel „Augeneindruck und Stimmungswert – Genius Loci“ seiner Schrift *Einführung in die Architektur-Ästhetik. Prolegomena zu einer Theorie der Baukunst* formuliert hatte. Sörgel 1918: 216ff.

<sup>36</sup> Sörgel 1925b: 164–169. Die Begriffe der Eurythmie und Symmetrie sind der Vitruvschen Theorie entnommen.

<sup>37</sup> Sörgel 1925b: 164.

Architekturfotografien. Das Vertrauen auf die visuelle Überzeugungskraft der Abbildungen verhinderte gemeinsam mit dem Rückgriff auf traditionelle Begriffe aus der Harmonielehre, dass Sörgels Aufsatz als Zeichen einer sich nur zögerlich verändernden Herleitung entwerferischer Konzeptionen in den 1920er-Jahren gelesen werden kann. Das gleiche gilt auch für die weiteren Autoren der Juli-Ausgabe von Sörgels Zeitschrift, darunter der Architekt Erich Mendelsohn, der Bach-Experte Oskar Beyer und der Literat Karl Scheffler, die, wie die Kunsthistorikerin Andrea Gottdang vermerkte, „nahezu ausschließlich der Macht der Metaphorik vertrauten, der Transponierbarkeit möglichst vieler Fachtermini aus der einen in die andere Kunst“.<sup>38</sup>

### Energieströme. Der Raum als Membran, Siegfried Ebeling, 1926

Vierzehn Jahre nach Loos' Text „Das Mysterium der Akustik“ in der Musik- und Theaterzeitschrift *Der Merker* und fast zeitgleich zu Sörgels vorangehend diskutierter Zeitschriftenausgabe, publizierte der deutsche Architekt Siegfried Ebeling (1894–1963) ein kleines, 35 Textseiten umfassendes Buch mit dem Titel *Der Raum als Membran* (Abb. F). Darin erläuterte Ebeling seine bereits zwei Jahre früher in einem Bauhaus-Sonderheft präsentierte Theorie einer dynamischen Architektur: „Der heute noch massiv-porös umkleidete Raum wird durch die Schöpfung neuer Strukturverhältnisse (Anwendung neuer technischer Verfahren) zu einer Membran zwischen unserem Körper als Kern und den plasmatischen Energien der Großwelt werden.“<sup>39</sup> Diese These, dass die statischen Raumeinfassungen zum Ort der Energieflüsse würden, vertiefte Ebeling im Text von 1926 mit Bezügen zu Biologie und Physiologie, Physik und Chemie. Dabei betonte er, dass es ihm nicht nur um die technische Anwendung, sondern um die spirituelle Dimension des Wissens ginge. Er verschränkte die verschiedenen Wissensgrundlagen in seinem komplexen Gedankenkonstrukt und betonte wiederholt die „dynamischen Funktionen“ und den „dynamischen Zusammenhang“ in der Architektur.<sup>40</sup>

<sup>38</sup> Gottdang 2004: 248.

<sup>39</sup> Ebeling 1924: 173.

<sup>40</sup> Ebeling 1926: 37.

he combines the various bases of knowledge into a complex conceptual construct, repeatedly emphasizing the “dynamic functions” and “dynamic context” of architecture.<sup>40</sup>

Just as Loos had done in 1912, Ebeling in 1926 questions the material definition of architecture from a perspective that is simultaneously physical and metaphysical. It is no longer the enclosure made of rigid walls and ceilings to form space; instead, Ebeling describes architecture as the interplay between materials of various densities. The concept of the “membrane” as the delimiting, vibrating, and filtering enclosure of a cell is a suggestive way of approaching a conception of space redefined by modern acoustics. Differently from Sörgel, who approached the scientification of sound and perception only tentatively, Ebeling in this text demonstrates how the modeling of space grounded in physics can become a driving force in theory formation. Ebeling attempted to make the growing role of technology in building fruitful for his cosmologically inspired theory.<sup>41</sup> Based on an aesthetics inspired by technology, this Bauhaus student, artist, industrial craftsman and inventor developed a hybrid scenario for the future.<sup>42</sup> He announces his synthetic intentions explicitly on the inner title page, where he refers to his text as an “analytical, critical contribution to questions of a future architecture,” which he wants to place in the shaping hands of science as a whole.<sup>43</sup>

In Ebeling’s scenario, energy flows are theorized differently from the way modern science described them: beginning with physical processes, cosmic energies are invoked which then assume a purely spiritual dimension. With his redefinition of a spatial enclosure as a “membrane,” Ebeling

nonetheless anticipated developments in building industry and practice where sound absorption with felt, fibers, and other materials proliferated, creating versatile enclosures adaptable to the imminent possibility of electroacoustic sound propagation.

Ebeling describes “all the processes of radiation that occur in a house” as the consequence of the installation of domestic appliances, as “materialized witnesses of this radiation—subtle heating elements, radio switches, sunlamps, etc.”<sup>44</sup> In the same manner, he studies cosmic radiation: “innumerable measurable (or as yet immeasurable) minute flows stemming from the breathing earth or the radiating space of the sky bombard the walls of our houses and either bounce off unharnessed (assessed only by psycho-mechanics) or are neutralized in their cavities.”<sup>45</sup> In this context, a footnote on the next page refers to *Geophysische Erscheinungen* (Geophysical Appearances), published in 1923 by the multi-faceted scientist Willy Hellpach. By borrowing from physiology, geophysiology, and psychophysics, Ebeling creates an at times cryptic synthesis of technology and cosmology. He rejects “reason” and “magic” as polar opposites, instead establishing a connection between spirit/intellect and technology in a “biological architecture.”<sup>46</sup>

In Ebeling’s theory, space and spatial limitations have neither fixed outward forms nor established interior effects; instead, his concept of a “biological architecture” depends upon natural images of continuous growth in which the protective layer is mobile and ephemeral. The enclosure of the dwelling is analogous to the membrane of the cell, through which energy and matter is absorbed, transformed, and then expelled (**Fig. G**). From this perspective, a spatial enclosure is no longer regarded as a rigid mass, but instead as the locus of energy flows: “[...] our time seems mentally ripe for a methodical attempt to adapt three-dimensional space, as crudely defined by physics, into a three-dimensional membrane—biologically defined—between our body (as a plasmatic weak substance) and the latent minute forces of the spheres (which are as yet unharnessed by any bio-structure).”<sup>47</sup> With this complex formulation, Ebeling presents his technological-metaphorical construction of space

<sup>40</sup> Ebeling 2010 [1926]: 37.

<sup>41</sup> On the orientation of the concept of truth toward scientification and the natural sciences at the Bauhaus, see Kühn 1989: 75ff.

<sup>42</sup> On Ebeling’s relationship to the Bauhaus, see Scheiffele 2003. The literature on the influence of music theory on design at the Bauhaus is large. Arnold Schoenberg never taught at the Bauhaus but nonetheless exercised a substantial influence on the school’s aesthetic theories. Whereas the composer Günther Eisenhardt aligns the years of the Bauhaus in Dessau with the vivid musical history of the city (Eisenhardt 2006: 191–214) and art history discovered an interest in the Bauhaus’ own musical band (i.e. Fiedler/Feierabend 2006: 532–551), media theorist Andi Schoon finds “musical helplessness” in all stage performances at the Bauhaus (Schoon 2006: 81).

<sup>43</sup> Ebeling 2010 [1926]: 3.

<sup>44</sup> Ebeling 2010 [1926]: 13/14.

<sup>45</sup> Ebeling 2010 [1926]: 8.

<sup>46</sup> Ebeling 2010 [1926]: 17.

<sup>47</sup> Ebeling 2010 [1926]: 16.

Wie bereits Loos im Jahr 1912 stellte Ebeling 1926 die materielle Definition von Architektur aus einer gleichzeitig physikalischen und metaphysischen Perspektive infrage. Es ist nicht mehr die Umfassung, die mit starren Wänden und Decken den Raum formt, vielmehr beschreibt Ebeling die Architektur als Wechselspiel von Materialien verschiedener Dichte. Der Begriff der „Membran“ als trennende, schwingende und filternde Einfassung einer Zelle bietet sich an, sich an die durch die moderne Akustik neu definierten Raumkonzepte anzunähern. Anders als Sörgel, der sich nur zögerlich der Verwissenschaftlichung von Klang und Wahrnehmung näherte, zeigt Ebelings Text, dass die physikalisch begründete Modellbildung des Raums eine treibende Kraft in der Theoriebildung sein konnte. Ebeling versuchte, die zunehmende Rolle der Technik im Bauwesen für seine kosmologisch inspirierte Theorie fruchtbar zu machen.<sup>41</sup> Aus einer von der Technik inspirierten Ästhetik ersann der Bauhausschüler, Lebenskünstler und Konstrukteur ein hybrides Szenario für die Zukunft.<sup>42</sup> Seine synthetischen Absichten erläuterte er deutlich auf der inneren Titelseite, wo er seinen Text als „analytisch-kritischen Beitrag zu Fragen zukünftiger Architektur“ erklärte, das er „in die gestaltende Hand aller Wissenschaft“ legen wolle.<sup>43</sup>

Energieströme werden in Ebelings Szenario in einer Weise theoretisiert, wie es die modernen Wissenschaften nie vollzogen hat: Ausgehend von physikalischen Prozessen werden kosmische Energien heraufbeschworen, welche eine rein geistige Dimension annehmen. Dennoch antizipierte Ebeling mit der Neudefinition der Raumeinfassungen als „Membran“ Entwicklungen in der Baupraxis, welche die Schallenergie zunehmend mit Filz, Fasern und Stoffen zu absorbieren versuchten, um

41 Zur Verwissenschaftlichung und naturwissenschaftlichen Orientierung des Wahrheitsbegriffs siehe Kühn 1989: 75ff.

42 Zu Ebelings Verhältnis zum Bauhaus siehe Scheiffele 2003. Die Literatur zum Einfluss musikalischer Theorien auf die Gestaltung am Bauhaus ist zahlreich. Arnold Schönberg lehrte nie am Bauhaus, übte aber einen großen Einfluss auf die ästhetischen Theorien der Schule aus. Während der Komponist Günther Eisenhardt die Bauhauszeit in Dessau in die lebendige Musikgeschichte der Stadt einreicht (Eisenhardt 2006: 191–214) und ein kunsthistorisches Interesse an der Bauhaus-eigenen Musikkapelle erwacht scheint (Fiedler/Feierabend 2006: 532–551), attribuiert der Medientheoretiker Andi Schoon den Bühnenprojekten am Bauhaus allgemein „musikalische Ratlosigkeit“ (Schoon 2006: 81).

43 Ebeling 1926: 3.

versatile Gefäße für die bevorstehende Möglichkeit einer elektroakustischen Beschallung zu schaffen.

Ebeling beschrieb die „gesamten in einem Hause auftretenden Strahlungsvorgänge“ als Folge haustechnischer Installationen wie „Heizkörpern, Radioschaltungen und Höhensonnen“.<sup>44</sup> Genauso nahm er kosmische Strahlungen in Betracht: „Unzählige meßbare und noch nicht meßbare Feinströme der atmenden Erde und des strahlenden Himmelsraums prallen ungenutzt resp. nur physikomechanisch bewertet an dem Mauerwerk unserer Häuser ab, oder werden in deren Hohlraum neutralisiert.“<sup>45</sup> In diesem Zusammenhang verwies er auf der nächsten Seite in einer Fußnote auf die Schrift *Geophysische Erscheinungen* des Wissenschaftlers Willy Hellpach von 1923. In Anlehnung an Physiologie, Geophysiologie und Psychophysik kreierte Ebeling eine zuweilen kryptisch anmutende Synthese aus Technologie und Kosmologie. „Verstand“ wie „Magie“ als entgegengesetzte Pole wies er in seinem Text zurück und schuf stattdessen eine Verbindung von Geist und Technik in einer „biologischen Architektur“.<sup>46</sup>

Der Raum und die Raumbegrenzung hatten in Ebelings Theorie weder eine feste Gestalt nach außen noch eine festgeschriebene Wirkung nach innen, vielmehr lehnte sich die „biologische Architektur“ an Naturbilder ständigen Wachstums an, in der die schützende Schicht beweglich und vergänglich war. Die Einfassung der Behausung wurde zur Analogie der Zellmembran, in welcher Energie und Materie absorbiert, transformiert und wieder ausgeschieden wird (**Abb. G**). Die Einfassung des Raums wurde in dieser Sichtweise nicht mehr als starre Masse, sondern als Ort der Energieflüsse betrachtet: „[...] die Zeit scheint innergeistig reif zu dem methodischen Versuch, den dreidimensional grobphysikalisch bestimmten Raum einer dreidimensional-biologisch bestimmten Membran zwischen unserem Körper als plasmatisch labiler Substanz und den latent gegebenen, aber noch nicht biostrukturell erfassten Feinkräften der Sphären anzugleichen.“<sup>47</sup> Mit dieser komplexen Formulierung präsentierte Ebeling in *Der Raum als Membran* seine technikmetaphorische Konstruktion von Raum. Darin würde das Haus als Negativraum

44 Ebeling 1926: 13/14.

45 Ebeling 1926: 8.

46 Ebeling 1926: 17.

47 Ebeling 1926: 19.

in *Der Raum als Membran*. As a negative space, the building becomes the medium of existing energy flows, which—as art theorist Christoph Asendorf has demonstrated—has been a topos of spatial perception since the nineteenth century.<sup>48</sup> Interpreted otherwise, Ebeling appears to anticipate the idea of architecture as ecology and as a controllable environment.<sup>49</sup> This disconnection of the concept of space from physically constructed space has shaped architecture at least beginning in the postwar era, as can be shown particularly incisively with reference to architectural acoustics.

While he was working on his technological-cosmic synthesis, Ebeling also established connections to a mathematical model of space-time designed to replace the idealistic definitions of the aesthetic-philosophical tradition “that transmutes its forms into the echo of space-time.”<sup>50</sup> In this volatile space, the sensory perceptions are activated: “Rather, space has to be perceived more as a negative, as something that merely creates the physiological preconditions.”<sup>51</sup> In Ebeling’s text, references to perception seem to blur the boundary between physics and cosmology; technological and meta-physical descriptions are barely distinguishable.

Like Sörgel, Ebeling was beholden to the Expressionist tradition of the Bauhaus, and refused to negate the symbolic qualities of architecture. Ebeling’s text of 1926 is clearly indebted simultaneously to the cosmological conceptions of the early Bauhaus and to its later pragmatic orientation.<sup>52</sup> Although the text was not released in the Bauhaus publication series, it made an impact on at least two Bauhaus directors, namely Walter Gropius and Ludwig Mies van der Rohe (as reported by theorist Fritz Neumeier in 1986).<sup>53</sup>

**48** Asendorf 2002: 201–203. Although Ebeling’s text is not discussed, this theme is introduced in a book published by Asendorf thirteen years earlier. See Asendorf 1989.

**49** Current scholars are invoking Ebeling as a pioneer of later ideas as he conceptualized space topologically, not geometrically, and characterized a space’s relationship to its surroundings as an instable equilibrium. See Teyssot 2008: 172; Papapetros 2010: XIIIff.; Stalder 2010: 90

**50** Ebeling 2010 [1926]: 5.

**51** Ebeling 2010 [1926]: 10.

**52** After 1926, when the Bauhaus assumed a pragmatic orientation, Ebeling’s connection of cosmological theory and technological fantasies generated disapproval, i.e. over “one of us” departing so markedly from the institution’s direction. Recorded in 2009 during a conversation between Walter Scheiffele and Rago Torre Ebeling. Ebeling 2010: VI.

In Adolf Loos’s “Das Mysterium der Akustik” of 1912, the room is a sounding body: the space resounds, reflects, reverberates, and echoes. Ebeling, on the other hand, regarded the spatial enclosures as membranes which could be described in terms of the forces which acted upon them: this type of space has no inherent attributes; instead, it is a vessel which can be filled with sound, illuminated, and equipped with additional functions. Within the societal redefinition of spatial as well as material aesthetics, Ebeling’s membrane concept took up not just the idea of a continuum between interior and exterior, but also physical models, like that of Wallace C. Sabine, for describing sound energy. But in Ebeling’s text (in contrast to Loos, who spoke of walls “impregnated” with song and invoked the “soul of the materials”), the enveloping membranes are said to enclose a negative space and to regulate the exchange of energies between exterior and interior.

The tension between tradition and technology which opened up during the first decades of the twentieth century continued to exist after World War II. A good twenty years later, Ebeling—who was described by the architectural and social historian Walter Scheiffele as being “shaped by German Expressionism and by war, and thrown off the bourgeois track”—extended his metaphysical architectural theory in a second, longer essay under the title “Extra Muros.”<sup>54</sup> In comparing the texts from 1926 and 1947, we find not just a further development of the theory, but also the influence of changes in building technology on his conception of space. “Extra Muros,” which Ebeling referred to as an introduction to the “Theory of the Free House,” takes membrane theory, still remote from industrial applications, into spiritual realms: “And so we have not just the sound of our language and music, but also the colors in their ultimate origins, to thank for the hidden interchange between the earth, or the materials from which it is composed, and the moon [...]”<sup>55</sup>

**53** In the context of his research into Mies van der Rohe’s work, Neumeier discovered Mies’s heavily annotated copy of Ebeling’s *Der Raum als Membran*. Among other things, Neumeier investigated a connection between the text and Mies’s Barcelona Pavilion of 1929, which he claims was designed—in a way analogous to Ebeling’s inspiration—as a “breathing structure.” Neumeier 1991 [1986]: 171ff. Moreover, Neumeier asserted that a photograph of Ebeling’s text sat on Walter Gropius’s desk.

**54** Scheiffele 2003: 185.

**55** Ebeling 1947: 9. Engl. trans.: IP



zum Medium der vorhandenen Energieflüsse, was, wie der Kunsttheoretiker Christoph Asendorf aufgezeigt hat, seit dem 19. Jahrhundert ein Topos der Raumwahrnehmung war.<sup>48</sup> In einer weiteren Interpretation erscheint Ebeling als Vordenker der Auffassung von Architektur als Umwelt und steuerbare Umgebung.<sup>49</sup> Diese Abkoppelung des Raumbegriffs vom physisch gebauten Raum hat die Architektur spätestens seit der Nachkriegszeit geprägt und lässt sich anhand der Raumakustik besonders prägnant aufzeigen.

Gleichzeitig zu seiner techno-kosmischen Synthese stellt Ebeling auch den Bezug zum mathematischen Modell der Raumzeit her, welches die idealistischen Definitionen der ästhetisch-philosophischen Tradition ersetzen soll, indem es „seine Formen vertauscht im Echo der Raumzeit“.<sup>50</sup> In diesem instabilen Raum werden die Sinneswahrnehmungen aktiviert: „Vielmehr möchte der Raum eher als ein Negativ aufzufassen sein, das nur die physiologischen Vorbedingungen schafft.“<sup>51</sup> Die Bezugnahme zu den Wahrnehmungen scheint in Ebelings Text die Grenzen zwischen Physik und Kosmologie zu verwischen, technische und metaphysische Beschreibungen sind kaum zu unterscheiden.

Ebeling, wie auch Sörgel, waren der expressionistischen Tradition des Bauhauses verbunden und weigerten sich, die symbolischen Qualitäten der Architektur auszublenden. Ebelings Schrift aus dem Jahr 1926 zeigte sich gleichzeitig dem kosmologischen Verständnis der frühen Bauhauszeit wie auch der pragmatischer ausgerichteten späteren Periode verpflichtet.<sup>52</sup> Sie erschien zwar nicht in der Bauhaus-Buchreihe, wurde aber von mindestens zwei der Bauhausdirektoren im Laufe ihrer Tätigkeiten wahrgenommen, so von Walter Gropius sowie von

48 Asendorf 2002: 201–203. In Asendorfs 13 Jahre früher erschienen Buch ist das Thema angelegt, Ebelings Schrift wird aber nicht diskutiert. Siehe Asendorf 1989.

49 Aktuell wurde Ebeling auch als Vordenker späterer Raumkonzepte herangezogen, weil er Raum topologisch statt geometrisch definierte und die Beziehung zur Umgebung als labiles Gleichgewicht beschrieb. Siehe Teyssot 2008: 172; Papapetros 2010: XIIIff.; Stalder 2010: 90.

50 Ebeling 1926: 4.

51 Ebeling 1926: 11.

52 Ebelings Verbindung von kosmologischer Theorie und technischer Fantasie am nach 1926 pragmatisch orientierten Bauhaus löste Missfallen aus, dass „einer von uns“ sich so stark von der Linie der Institution entferne. Aufgezeichnet in einem Gespräch von Walter Scheffele mit Rago Torre Ebeling im Jahr 2009. 2010: VI.

Ludwig Mies van der Rohe, wie der Architekturtheoretiker Fritz Neumeyer im Jahr 1986 nachwies.<sup>53</sup>

Adolf Loos' Raum im „Das Mysterium der Akustik“ von 1912 war ein Klangkörper: Der Raum schallte, reflektierte, schwang und hallte. Ebeling hingegen betrachtet die Raumeinfassungen als Membranen, die in Bezug auf die darauf einwirkenden Kräfte beschrieben sind: Ein solcher Raum hat per se keine Eigenschaften, vielmehr ist er ein Gefäß, das beschallt, beleuchtet und mit allen weiteren Funktionen ausgerüstet werden kann. Ebelings Membran-Konzept erfasste nicht nur die Idee eines Innen-Außenraum-Kontinuums, sondern auch physikalische Modelle wie jenes von Wallace C. Sabine zur Beschreibung der Schallenergie. Im Gegensatz zu Loos aber, der von mit Gesang „imprägnierten“ Wänden schrieb und sich auf die „Seele des Materials“ berief, umhüllten die Raumbegrenzungen in Ebelings Text einen Negativraum und regelten den Austausch von Energien zwischen außen und innen.

Das Spannungsfeld, welches sich in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts zwischen Tradition und Technik eröffnete, setzte sich auch in der Zweite Nachkriegszeit fort. Ebeling, den der Architektur- und Sozialhistoriker Walter Scheffele als „vom deutschen Expressionismus wie vom Krieg geprägt und aus der bürgerlichen Bahn geworfen“ beschreibt, führte gut zwanzig Jahre später seine metaphysische Architekturtheorie in einem Band mit dem Titel *Extra Muros* weiter.<sup>54</sup> Im Vergleich der Texte aus den Jahren 1926 und 1947 lassen sich nicht nur die Weiterführung der Theorie, sondern auch die Einflüsse der bautechnischen Veränderungen nachverfolgen. *Extra Muros*, ein Aufsatz, den Ebeling als „Einführung in die Theorie des freien Hauses“ bezeichnete, führte die Membrantheorie, in weiter Ferne der industriellen Anwendung, in spirituelle Gefilde: „So verdankten wir nicht nur den Klang unserer Sprache und die Musik, sondern auch die Farben in ihrem letzten Ursprung der

53 Neumeyers Untersuchung zu Mies van der Rohes Werk führte zu dessen reich kommentierten Exemplar von Ebelings *Der Raum als Membran*. Fritz Neumeyer untersuchte u. a. eine Verbindung der Schrift zur ästhetischen Konzeption von Mies' *Barcelona-Pavillon* aus dem Jahr 1929, welcher analog zur Ebelingschen Inspiration als „atmendes Gefüge“ entworfen sei. Neumeyer 1986: 220 ff.. Darüber hinaus hielt Neumeyer fest, dass eine Fotografie Ebelings Schrift auf Walter Gropius' Arbeitstisch zeigt.

54 Scheffele 2003: 185.

In the hope of making buildings energetically autonomous in exchange with cosmic forces, Ebeling was preoccupied in detail with various kinds of light and its differing wavelengths (as gamma radiation, thermal radiation, etc.). On the backdrop of the issues of the 1940s, he was interested less in the sound waves of the audible spectrum than in telecommunications technology: “As long as the preconditions are present in the physical condition of the atmosphere, and with regard to the possibilities of using radio short waves in this process, a wall system which responds to the atmosphere becomes in principle possible.”<sup>56</sup>

In the new characterizations employed by the physical sciences, the materiality of architecture was set into motion and became negative space through which various energies flowed. This notion was spurred—as is clearly the case with Ebeling’s text—by the increasing technification of buildings with pipe work and electrical cables. Since sounds too were part of this physically and electromechanically constructed world, acoustics as a parameter of architecture led toward a new tradition in natural science, one difficult to reconcile with the existing philosophical tradition which conceived of music as a harmonic principle or spherical manifestation.

**Conclusion:  
Physicists’  
Knowledge and  
Architects’ Notions  
of Space**

In 1937, when he was seventy-one years old, the physicist and acoustician Dayton C. Miller (1866–1941) published two sound photographs at the start of this book *Sound Waves, Their Shape and Speed*.<sup>57</sup> These were intended to demonstrate the spectrum of sound visualizations which could be generated by means of the Phonodeik, an apparatus invented by Miller. The first photographic analysis showed

a spoken word, the second music with orchestra, the third the ringing of a bell (Fig. H). Interesting in this context is not just the sound registration itself, but also the word chosen by Miller for his experiment: for his linguistic example, he clearly pronounced the word “laboratory.” The laboratory, then, was not simply the physical location of his work, but was also visualized as the determining factor of his experiments.<sup>58</sup>

Two years after Miller’s work was published, the Berlin physicist Erwin Meyer published the essay collection *Electroacoustics*. Here, he illustrates two oscillograms which contrast the spoken words “Wiesen” (meadows) and “Wissen” (knowledge)<sup>59</sup> (Fig. I). The similarity of the two words as written is not evident in the two-dimensional registration of the progression of sound intensities and frequencies respectively. The acoustic test demonstrated the contrast between the spoken words, and moreover the efficiency of the instruments through which the analysis was performed. By registering the spoken words “laboratory” and “knowledge,” it seems, both physicists wanted to assure themselves that their test protocols were valid outside of the laboratory and within the framework of traditional knowledge. Between traditional knowledge and technical-physical acoustics and theories of perception that were shaped by physiology, architecture found itself in a new, sui generis field of forces. Acoustics—which belongs to both physiology and building physics—was no longer a purely theoretical science, but became increasingly applicable in other areas, including architecture.

This transfer of foundational knowledge from acoustics into architectural design represented a virtually insuperable challenge. Building physics, and acoustics in particular, were not compatible with the existing terminology of architectural theory. With these new models, inherited explanations which positioned architecture in the tradition of the arts could not simply be abandoned and

**58** The neologism Phonodeik borrowed from existing terms such as phonogram, gramophone, and telephone, to indicate that the apparatus displays tones visually. Through a photomechanical process, the Phonodeik was not only particularly precise, but was well-suited to public demonstrations: the light rays which were deflected from the vibrating panel could be directed at a wall instead of being recorded on film.

**59** Meyer 1939: 44.

**56** Ebeling 1947: 15. Engl. trans.: IP

**57** Miller 1937: II.



verborgenen Wechselwirkung zwischen der Erde bzw. den Stoffen, aus denen sie aufgebaut ist, und dem Mond [...].“<sup>55</sup>

In der Hoffnung, dass Häuser im Austausch mit kosmischen Kräften energetisch autark werden könnten, befasste sich Ebeling auch mit Licht und seinen verschiedenen Wellenlängen (als Gamma-Strahlung, Wärmestrahlung etc.). Schallwellen interessierten ihn, vor dem Hintergrund der 1940er-Jahre, weniger im hörbaren Bereich als in der Nachrichtentechnik: „Solange die Voraussetzungen dafür in dem physikalischen Zustand der Atmosphäre gegeben sind, ist mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Einschaltung der Radio-Kurzwellen in diesen Prozess ein aktiv auf die Atmosphäre reagierendes Wandsystem prinzipiell möglich“.<sup>56</sup>

Die Materialität der Architektur war in den neuen Beschreibungen der physikalischen Wissenschaften in Bewegung geraten und zum Negativraum geworden. Diese Vorstellung wurde von der zunehmenden Technisierung der Häuser mit Rohrleitungen und Elektrokabeln beflügelt, wie es in Ebelings Schrift offensichtlich ist. Dass die Klänge ebenso Teil dieser physikalisch und elektrotechnisch konstruierten Welt waren, führte die Akustik als Parameter der Architektur in eine neue, naturwissenschaftliche Tradition über, welche mit der bestehenden philosophischen Überlieferung der Musik als harmonisches Prinzip oder als sphärische Erscheinung schwierig zu vereinbaren war.

**Schluss:  
Das Wissen der Physiker  
im Kontext  
architektonischer  
Begriffsbildung**

1937, im Alter von 71 Jahren, bildete der Physiker und Akustiker Dayton C. Miller (1866–1941) zu Beginn seines Buchs *Sound Waves: Their Shape and Speed* drei Klangfotografien ab.<sup>57</sup> Diese sollten die

Bandbreite der Klangvisualisierungen demonstrieren, welche der von ihm konstruierte Apparat *Phonodeik* hervorbringen konnte. Die erste fotografische Analyse zeigte ein gesprochenes Wort, die zweite Musik mit Orchester, die dritte das Läuten einer Glocke (**Abb. H**). Interessant ist nicht nur die Aufzeichnung, sondern auch das Wort, welches Miller für das Experiment wählte: für sein Sprechbeispiel sprach er deutlich das Wort „laboratory“. Das Laboratorium war nicht nur der physische Ort seiner Arbeit, es wurde als determinierender Faktor seiner Experimente im Wortlaut abgebildet.<sup>58</sup>

Zwei Jahre nach Millers Werk veröffentlichte der Berliner Physiker Erwin Meyer die Aufsatzsammlung *Electroacoustics*. Dort bildete er zwei Oszillogramme ab, welche das Lautbild von „Wiesen“ mit „Wissen“ verglich (**Abb. I**).<sup>59</sup> Die Ähnlichkeit der geschriebenen Worte wiederholte sich nicht in der zweidimensionalen Aufzeichnung des Verlaufs von Lautstärken und Frequenzen. Der akustische Test bewies die Unterschiedlichkeit der Wortlaute und darüber hinaus die Effizienz der eigenen Instrumente, mit welchen die Analyse durchgeführt wurde. Es scheint, als ob die Physiker sich mit der grafischen Aufzeichnung der Wörter „laboratory“ und „Wissen“ vergewissern wollten, dass ihre Versuchsanordnungen auch außerhalb der Laboratorien und innerhalb tradierter Erkenntnis gültig wären. Zwischen traditionellem Wissen, technisch-physikalischer Akustik und physiologisch bestimmter Wahrnehmungstheorie stand die Architektur in einem neuen, bisher nie dagewesenen Kräftefeld. Die Akustik, als Teil der Physiologie und der Bauphysik, war keine rein theoretische Wissenschaft mehr, sondern wurde zunehmend in anderen Gebieten, auch in der Architektur, anwendbar.

Dieser Transfer neuer Wissensgrundlagen aus der Akustik in den architektonischen Entwurf bedeutete eine kaum zu bewältigende Herausforderung. Die Bauphysik, und im speziellen die Akustik, war nicht anschlussfähig an diese bestehenden Begriffe der Architekturtheorie. Die überlieferten Erklärungen, welche die Architektur in die Tradition der Künste stellten, konnten mit den neuen Modellierungen nicht von einem Tag auf den anderen ausgeräumt und vergessen werden. Die

55 Ebeling 1947: 9.

56 Ebeling 1947: 15.

57 Miller 1937: II.

58 Die Wortkreation „Phonodeik“ deutete – in Anlehnung an die bestehenden Begriffe „Phonogramm“, „Grammophon“ und „Telephon“ – darauf hin, dass mit diesem Apparat Töne gezeigt wurden. Durch seinen fotomechanischen Prozess war der Phonodeik nicht besonders präzise, er eignete sich aber gut für öffentliche Demonstrationen: Der Lichtstrahl, welcher von der vibrierenden Platte abgelenkt wurde, konnte statt auf Film auch auf eine Wand gerichtet werden.

59 Meyer 1939: 44.

forgotten from one day to the next. The modern natural sciences interpreted the materials of walls and ceilings, along with the air spaces they enclose, via concepts such as sound, light, and air velocities, vibrations, and pressure gradients; architectural theory, meanwhile, described space not via recourse to material concepts, but instead with reference to aesthetic interpretations.

In 1936, Lothar Cremer (1905–1990), the best-known twentieth-century German acoustician, introduced his reflections by characterizing these apparently insurmountable differences: “The superstition is widely present in musical and architectural circles that the acoustic qualities of a space are wholly contingent upon chance, that one should expect to discover random surprises after the building’s completion. On the other hand, the building specialists who—commendably—have sufficient regard for the laws of architectural acoustics strongly overestimate the precision and scope of their formulae.”<sup>60</sup>

In the end, we cannot say definitively whether the “proper medium between the two conceptions” sought by Cremer actually exists. In the century which has passed since Loos’s demystification and re-mystification of architectural acoustics was published in *Der Merker*, a number of architects have attempted to integrate scientific theories into architectural discourse. The linkage between knowledge drawn from physics and the formation of theories of aesthetics began with texts such as the ones by Siegfried Ebeling discussed above. At the same time, such considerations lacked and still lack concepts and spatial models, along with a discursive tradition on which to build. In the early twentieth century, the possibility of deriving ideas from the natural sciences exerted an enormous fascination on architectural theory. My reading of the three texts from around 1920, however, also demonstrates that conventional models which define architecture as art by means of metaphysical concepts were deeply anchored, and repeatedly led the discourse back to metaphysical bases. Building physics,—the discipline working most closely to the actual matter,—seems to be the most uncompromising material to build on when it comes to establishing a framework for architectural theory.

60 Cremer 1936: 134. Engl. trans.: IP.

×

**Sabine von Fischer** is an architect and writer based in Zurich. She has published, taught, and lectured on various architectural topics in Europe, North America, and India. From 2004 to 2008, she was editor of the architectural journal *werk, bauen + wohnen*. She has been working since 2008 on her dissertation project *Oscillating Architecture: Space, Sound, and Construction 1920–1970*, at the Institute for the Theory and History of Architecture at ETH Zurich, with support from the Swiss National Science Foundation. Among her recent publications are essays in Jens Schröter/Axel Volmar, eds., *Auditive Medienkulturen. Techniken des Hörens und Praktiken der Klanggestaltung* and in Andi Schoon/Axel Volmar, eds., *Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation*, as well as entries in Stephan Günzel/Franziska Kümmerling, eds., *Lexikon der Raumphilosophie*, all three in 2012. Her essay “From Seat Cushions to Formulae: Understanding Spatial Acoustics in Physics and Architecture,” in Florence Feiereisen/ Alexandra Merley Hill, eds., *Germany in the Loud Twentieth Century*, appeared in 2011.

### Acknowledgements

The author would like to thank Rago T. Ebeling, Christina Meglitsch, Walter Scheiffele, and Thomas Weaver for the permission to use images and help in locating image right holders, as well as the editors and the reviewers for their careful comments and precise criticism.

modernen Naturwissenschaften erklärten die Masse von Wänden und Decken genauso wie die umschlossenen Lufträumen mit Begriffen wie Schall-, Licht- und Luftgeschwindigkeiten, Schwingungen und Druckunterschieden, die Architekturtheorie hingegen beschrieb Raum nicht mit materiellen Begriffen, sondern im Hinblick auf eine ästhetische Interpretation.

Der bekannteste deutsche Akustiker des 20. Jahrhunderts, Lothar Cremer (1905–1990) leitete 1936 seine Überlegungen mit einer Beschreibung der scheinbar unüberwindbaren Unterschiede ein: „Es ist ein in Musiker- und Architektenkreisen weit verbreiteter Aberglaube, daß man hinsichtlich der Hörsamkeit eines Raumes ganz dem Zufall ausgeliefert sei und auf beliebige Überraschungen nach Fertigstellung des Baues gefaßt sein müsse. Auf der anderen Seite wird oft von denjenigen Baufachleuten, die in dankenswerter Weise den raumakustischen Gesetzen Beachtung schenken, Genauigkeit und Tragweite ihrer Formeln stark überschätzt.“<sup>60</sup>

Ob es die von Cremer gesuchte „richtige Mitte zwischen beiden Auffassungen“ gibt, lässt sich nicht abschließend beurteilen. In den hundert Jahren, seit Loos' De- und Remystifizierung der Raumakustik in *Der Merker* publiziert wurde, haben verschiedene Architekten eine Einbindung von wissenschaftlichen Theorien in den architektonischen Diskurs versucht. Die Anbindung physikalischer Erkenntnisse an die ästhetische Theoriebildung hat in Aufsätzen wie den hier angesprochenen von Siegfried Ebeling begonnen. Gleichzeitig fehlten und fehlen diesen Überlegungen Begriffe und Raummodelle, genauso wie auch eine diskursive Tradition, auf welchen sie aufbauen können. Die Möglichkeit einer Herleitung aus den Naturwissenschaften übte zu Anfang des 20. Jahrhunderts eine große Faszination auf die Architekturtheorie aus. Die Lektüre der architekturtheoretischen Texte aus der Zeit um 1920 zeigt allerdings auch, dass die tradierten Modelle, die Architektur mit metaphysischen Begriffen als Kunst zu definieren, tief verankert waren und den Diskurs immer wieder auf metaphysische Begründungen zurückführten. Gerade die bauphysikalischen Disziplinen, – also jene, die sich am direktesten mit dem Material befassen, – erscheinen dann, wenn es darum ging, der Bautechnik ein architekturtheoretisches Gerüst zu verschaffen, als die sperrigste Materie.

60 Cremer 1936: 134.

×

**Sabine von Fischer** ist Architektin und Autorin in Zürich. Sie hat in Europa, Nordamerika und Indien zu verschiedenen Themen der Architektur publiziert, unterrichtet und vorgetragen. Von 2004 bis 2008 war sie Redakteurin der Architekturzeitschrift *werk, bauen + wohnen*. Seit 2008 bearbeitet sie das Dissertationsprojekt *Hellhörige Häuser. Raum, Klang, Architektur 1920–1970* am Institut für Geschichte und Theorie der Architektur an der ETH Zürich, gefördert vom Schweizerischen Nationalfonds. Zu ihren jüngsten Publikationen gehören Aufsätze in Jens Schröter/Axel Volmar, Hg., *Auditive Medienkulturen. Techniken des Hörens und Praktiken der Klanggestaltung* und in Andi Schoon/Axel Volmar, Hg., *Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation*, sowie Einträge in Stephan Günzel/Franziska Kümmerling, Hg., *Lexikon der Raumphilosophie*, alle 2012. Ihr Aufsatz „From Seat Cushions to Formulae: Understanding Spatial Acoustics in Physics and Architecture,” in Florence Feiereisen/Alexandra Merley Hill, Hg., *Germany in the Loud Twentieth Century*, erschien 2011.

### Danksagung

Die Autorin dankt Rago T. Ebeling, Christina Meglitsch, Walter Scheiffele und Thomas Weaver für die Bildrechte und die Unterstützung bei der Bildrecherche, wie auch der Redaktion und den Gutachtern für die sorgfältige Betreuung und umsichtige Kritik.



- × Asendorf, Christoph. 1989. *Ströme und Strahlen. Das langsame Verschwinden der Materie um 1900*. Werkbund-Archiv. Giessen: Anabas.
- × Asendorf, Christoph. 2002. "Bodies in Force Fields: Design Between the Wars." In: *From Energy to Information: Representation in Science and Technology, Art, and Literature*. Bruce Clarke/Linda Dalrymple Henderson, eds. Stanford, CA: Stanford University Press, 195–212.
- × Cremer, Lothar. 1936. „Die physikalischen Grundlagen der Raumakustik.“ *Akustische Zeitschrift*, 1/1936, 134–145.
- × Ebeling, Siegfried. 1924. „Kosmologie Raumzellen. Ideen zur Kritik des konstruktiven Denkens.“ *Junge Menschen* 5.8 (November 1924). Cited/Zitiert in Krause 2010: 23. Also mentioned/Auch erwähnt in Neumeyer 1986: 221.
- × ———. 1926. *Der Raum als Membran*. Dessau: C. Dünnhaupt Verlag.
- ENGLISH : 2010. "Space as membrane." Pamela Johnson, trans. With an introduction by Walter Scheffele and an essay by Spyros Papapetros. In: Spyros Papapetros, ed. London: Architectural Association, 1–36.
- × ———. 1947. *Extra Muros. Einführung in die Theorie des freien Hauses*. Hamburg: Phönix-Verlag Christen & Co.
- × Eisenhardt, Günter, Hg./ed. 2006. *Musikstadt Dessau*. Altenburg: Verlag Klaus-Jürgen Kamprad.
- × Fechner, Gustav Theodor. 1860. *Elemente der Psychophysik*. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- × Fickinger, William. 2011. *Miller's Waves. An Informal Scientific Biography*. Cleveland, OH: Xlibris.
- × Fiedler, Jeannine/Peter Feierabend, Hg./eds. 2006. *Bauhaus*. Köln: Könemann.
- × Giedion, Sigfried. 1941. *Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition*. [Charles Eliot Norton lectures, 1938–1939.] Cambridge, MA: Harvard University Press/ London, UK: H. Milford/Oxford University Press.
- DEUTSCH : 1992 [1967]. *Raum, Zeit, Architektur. Die Entstehung einer neuen Tradition*. 5. Auflage. Zürich: Artemis.
- × Gott dang, Andrea. 2004. „Entfernt verwandte Schwestern. Das Verhältnis von Architektur und Musik in Architekturtheorie und Kunstgeschichte, 1880–1925.“ In: *Konzert und Konkurrenz. Die Künste und ihre Wissenschaften im 19. Jahrhundert*. Christian Scholl/Sandra Richter/Oliver Huck, Hg./eds. Göttingen: Universitätsverlag, 235–251.
- × von Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand. 1881 [1863]. *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Nachdruck. Frankfurt am Main: Minerva.
- × Jäger, Gustav. 1911. *Zur Theorie des Nachhalls*. [Aus den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse.] Vol. CXX.
- × Krause, Joachim. 2010. „Mechanischer Affe und Quantum Machine. Bau- und Bühnenlaboratorium – vom Bauhaus zum Black Mountain College.“ [Vortrag gehalten im/Lecture delivered at Think Tank–Denkfabrik Berlin, 14. Januar 2010/January 14, 2010.] Berlin: Edition dramaturgische gesellschaft.
- × Kühn, Christian. 1989. *Das Schöne, das Wahre und das Richtige. Adolf Loos und das Haus Müller in Prag*. [Bauwelt Fundamente.] Braunschweig: Vieweg.
- × Lennig, Petra. 1994. *Von der Metaphysik zur Psychophysik. Gustav Theodor Fechner (1801–1887)*. [Beiträge zur Geschichte der Psychologie.] Frankfurt am Main: Lang.
- × Loos, Adolf. 1912. „Das Mysterium der Akustik.“ *Der Merker. Österreichische Zeitschrift für Musik und Theater*. Januar 1912: 9/10. Überarbeitete Fassung veröffentlicht als „Das Mysterium der Akustik.“ In: Adolf Loos/Adolf Opel, Hg. 1997 [1931]. *Trotzdem. Gesammelte Schriften 1900–1930*. Wien: Prachner, 116/117. ENGLISH: 2002. "The Mystery of Acoustics." In: Adolf Loos. *On Architecture*. Michael Mitchell, trans. Riverside, CA: Ariadne Press, 108–109.
- × Marilaun, Karl. 1922. *Adolf Loos*. Wien: Wila, zitiert/cited in: Oechslin 1994: 120.
- × Meglitsch, Christina. 2005. *Wiens vergessene Konzertsäle. Der Mythos der Säle Bösendorfer, Ehrbar und Streicher*. [Studien zur Musikgeschichte Österreichs.] Bern: Peter Lang.
- × Meyer, Erwin. 1939. *Electro-acoustics*. London: Bell.
- × Miller, Dayton Clarence. 1937. *Sound Waves: Their Shape and Speed*. New York: MacMillan.
- × Minkowski, Hermann. 1909. „Raum und Zeit.“ [Vortrag gehalten auf der 80. Naturforscherversammlung zu Köln am 21. September 1908/Lecture held on the 80th natural research conference in Cologne on September 21, 1908.] Leipzig: B. G. Teubner.
- × Moravánszky, Ákos. 2008. „Verheimlichte Räume. Adolf Loos und die Ästhetik der Maskierung.“ In: Ákos Moravánszky/Bernhard Langer/Elli Mosayebi Hg./ed. *Adolf Loos: die Kultivierung der Architektur*. Zürich: gta Verlag, 60–82.
- × Munch, Anders V. 2004. *Der stillose Stil. Adolf Loos*. [Diss. Universität Aarhus, 1999.] München: Fink.
- × von Naredi-Rainer, Paul. 2001 [1982]. *Architektur und Harmonie. Zahl, Mass und Proportion in der abendländischen Baukunst*. 7., überarbeitete Aufl. Köln: Dumont.
- × Neumeyer, Fritz. 1986. *Mies van der Rohe. Das kunstlose Wort. Gedanken zur Baukunst*. Berlin: Siedler.
- ENGLISH: Neumeyer, Fritz. 1991. *The Artless Word: Mies van der Rohe on the Building Art*. Cambridge, MA: MIT Press.
- × Oechslin, Werner. 1985. „Musik und Harmonie: Universalien der Architektur. Versuche der Annäherung.“ *Daidalos*, 17/1985, 58–73.
- × ———. 1994. *Stilhilfe und Kern. Otto Wagner, Adolf Loos und der evolutionäre Weg zur modernen Architektur*. [Studien und Texte zur Geschichte der Architekturtheorie.] Zürich: gta-Verlag.
- ENGLISH: Oechslin, Werner. 2002. *Otto Wagner, Adolf Loos, and the Road to Modern Architecture*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- × Papapetros, Spyros, Hg./ed. 2010. *Siegfried Ebeling: Space as membrane*. London: Architectural Association.
- × Papapetros, Spyros. 2010. "Future Skins." In: Papapetros 2010: XIII–XXIII.
- × Pascha, Khaled Saleh. 2004. *Gefrorene Musik*. PhD Dissertation/ Dissertation, Technische Universität Berlin.
- × Rukschcio, Burkhardt/Roland Schachel. 1982. *Adolf Loos Leben und Werk*. Veröffentlichung der Albertina. Salzburg/Wien: Residenz.
- × Sabine, Wallace Clement. 1900a. "Architectural Acoustics I." *The American Architect and Building News*, 7.4.1900: 19–22.
- × ———. 1900b. "Architectural Acoustics III." *The American Architect and Building News*, 5.5.1900: 35–37.
- × ———. 1922. *Collected Papers on Acoustics*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- × Schoon, Andi. 2006. *Die Ordnung der Klänge: das Wechselspiel der Künste vom Bauhaus zum Black Mountain College*. Bielefeld: Transcript.
- × Scheffele, Walter. 2003. *Bauhaus, Junkers, Sozialdemokratie ein Kraftfeld der Moderne*. Berlin: Form-und-Zweck-Verlag.
- × Sörgel, Herman. 1918. *Einführung in die Architektur-Ästhetik. Prolegomena zu einer Theorie der Baukunst*. München: Piloty & Loehle.
- × ———. 1925a. „Architektur und Musik im System der Künste.“ (*Neue Baukunst* 1, 7/1925: 155–159.
- × ———. 1925b. „Die allgemeinsten Formgesetze in Architektur und Musik: Die drei Gesetze des Regelmässigen.“ (*Neue Baukunst* 1, 7/1925: 164–169.
- × ———. 1925c. „Die einfachsten Grundelemente musikalischer und architektonischer Wirkungen.“ (*Neue Baukunst* 1, 7/1925: 174.
- × Sprung, Lothar/Helga Sprung. 1988. „Gustav Theodor Fechner als experimenteller Ästhetiker.“ In: Josef Brozek/Horst Gundlach, Hg./eds. *G. T. Fechner and psychology. Conference proceedings*. [Passauer Schriften zur Psychologiegeschichte.] Passau: Passavia Universitätsverlag, 217–227.
- × Stalder, Laurent. 2010. "Air, Light and Air-Conditioning." *Grey Room*, 40/2010: 84–99.
- × Teyssot, Georges. 2008. „Architektur als Membran.“ In: Reto Geiser, Hg./ed. *Explorations in Architecture*. Basel: Birkhäuser, 166–175.
- × Thompson, Emily. 1997. "Dead Rooms and Live Wires." *Isis* 88, 4/1997: 597–626.
- × ———. 2002. *The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900–1933*. Cambridge, MA: MIT Press.
- × Vergo, Peter. 2005. *That Divine Order. Music and the visual arts from antiquity to the eighteenth century*. London: Phaidon Press.
- × Vitruv. 1987. *Zehn Bücher über Architektur. Vitruvii de architectura libri decem*. Übers. und mit Anmerkungen versehen von Curt Fensterbusch. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- ENGLISH : 1984. *Vitruvius: Ten Books on Architecture*. Morris Hicky Morgan, trans. Cambridge, MA: Harvard University Press.