

Über Modelle als Entscheidungshilfe für raumakustische Maßnahmen

V00273

Ernst-Joachim Völker und Tom Langlotz
IAB Institut für Akustik und Bauphysik, Kiesweg 22, D-61440 Oberursel, Deutschland

1. Einleitung

Die akustische Beratung bei Neu- und Umbauten zwingt immer zu Entscheidungen, die dem Fortgang des Projektes sehr konsequent folgen und zu schriftlichen Festlegungen führen. Der Akustiker erklärt seine Planung und sucht den bestmöglichen Konsens mit den anderen Baubeteiligten. Die Zustimmung zum Konzept und zu einzelnen Maßnahmen beruht auf Nachweisen und auf ihrer Dokumentation. Sie sind Bestandteile der Entscheidungskette. Werden sie ausgelassen oder kommen zu spät, können eventuell die Arbeitsschritte im Leistungsbild des Akustikers nicht eingehalten werden /1/. Nach §85 der HOAI sind in den Leistungen für die Raumakustik auch Modelluntersuchungen eingeschlossen. Auf Vorschlag des Akustikers und mit Zustimmung des Auftraggebers kann auf diese Leistung verzichtet werden, was häufig wegen der hohen Kosten geschieht. Dennoch wird die Bedeutung des Modells sichtbar. Der Verzicht heißt auch, daß aus dem Modell keine zusätzlichen Informationen gewonnen werden können. Ist diese Erklärung richtig? Ist die notwendige Aufklärung des Bauherrn und des Architekten auch ohne Modell gewährleistet? Die raumakustischen Kriterien aus Nachhallzeiten und Impulsantworten sind definiert und beziehen sich auf sehr unterschiedliche Konzertsäle, Hallen, Studios und Theater /2/3/4/. Wie bei einem realen Raum wird im Modell nachempfunden, welche Schallverteilungen, Schallfelder, Echos und eingeschobenen Reflexionen vorhanden sind. Cremer spricht vom „sit in“ und meint die Imagination, den Raum mit seinen Besonderheiten, einzelne Schallwege und akustischen Maßnahmen aus der Nähe zu erleben /5/. Der Akustiker hört Nachhall wie der Dirigent die Musik aus der Partitur. Er weiß, was „Wärme“ oder „Brillanz“ bedeuten /2/ und erkennt die Feinstruktur des Schalles mit Direktschall, ersten Reflexionen und Nachhall /6/. Die Stärke erster Reflexionen kann durch Ausleuchten erkannt werden, z.B. mit kleinem Scheinwerfer beim Ausrichten der „Cremerschen Ohren“ im Stadttheater in Wolfsburg /7/ oder mit Laser-Pointer für die Diffusoren im Modell der Festhalle in Landau, worüber unten berichtet wird. Das Verhältnis der Energien früher und später Anteile wird verschoben /8/ zu mehr Deutlichkeit oder stärkeren lateralen Reflexionen /9/.

Den Akustiker reizt die meßtechnische Bestätigung seiner Empfindungen, wozu Schallerzeugung durch Anregung mit Funkenstrecke oder Preßluft gehören /10/, ebenso der Mini-Kunstkopf als zweikanaliger Empfänger /3/11/ oder die Anwendung der TDS Technologie von Dick Heyser/12/13/. Die Nachbildung der vielfältigen Schallabsorptionen, z.B. unterschiedlich für Gestühl mit teilweise reflektierenden und absorbierenden Eigenschaften, macht die Meßtechnik im Modell schwierig. Frequenzbereiche sind eingeschränkt, Luftabsorptionen nur z.T. berücksichtigt, Nachhallzeiten zu lang und Klangeindrücke unbefriedigend. Geißler kommt zu dem Ergebnis, daß dennoch „Unterschiede zwischen verschiedenen Plätzen deutlich gehört werden konnten“. Reicht das? Die Impulsantworten werden häufig nur für Oktavbereiche von 500 und 1000 Hz gemessen, in /13/ bis 2000Hz. Daraus läßt sich keine Aussage über den Nachhallzeitverlauf im Saal gewinnen /14/, der von 50 Hz bis 12000 Hz reicht.

2. Entscheidungen am Modell für den Regieraum der Fa. Sony-classical in Hamburg

Der Bau des Modells war notwendig, um das akustische Ambiente zu verdeutlichen. Nach ausführlicher Diskussion wurden im Modell Wände schräggestellt und mit Modulelementen für Absorption und Reflexion versehen. Es gab das runde Fenster und Schiebeelemente zum Abdunkeln. Die Decke erforderte wegen geringer Höhe von nur 2,7 m die Anordnung von gewölbten Platten mit gezielt ausgewähltem Schallschluckmaterial /15/. Der Modellmaßstab betrug 1:20 und hatte eine Größe von nur

45x34x15 cm, weil das Modell zu Entscheidungen nach Tokio geschickt werden mußte. Der Regieraumbau erfolgte unter den besonderen Anforderungen der Aufnahme- und Wiedergabetechnik für Musik und Sprache /16/. In einer Präsentation wurden die Maßnahmen erläutert, die sich auf die Anordnung der Schallschluckmaterialien bezogen, die Vermeidung störender Reflexionen, die Anordnung von Regietisch und Lautsprechern, alles bezogen auf die Abhörposition.

3. Veränderte Deckenreflexionen im Forum Leverkusen

Die bestehende Halle sollte nach Wünschen der Stadt akustisch verbessert werden. Das Parkett war durch Mangel an ersten Reflexionen betroffen (also kleine Deutlichkeit von nur 23%). Späte Anteile bei 100 bis 200 ms führten auch hinten zu nur 40%. Ursache war der hohe Raum im hinteren Teil mit großem Volumen. Frühe Reflexionen mußten daher im 26m breiten Saal von der Decke kommen. Die Gliederung der Wände reichte nicht aus. Abb.1 zeigt eine Diskussion mit Prof. Kuttruff 1991 in Aachen am Modell. Das neue Deckenteil konnte im Modell sehr einfach gegen den Bestand ausgetauscht werden.



Abb.1 Gespräche mit Prof. Kuttruff am Modell des Forums Leverkusen 1991 in Aachen

4. Modell der Stadthalle Oberursel und Neubau 1984

Nach 16 Jahren vielseitigem Betrieb der Stadthalle wird in Oberursel eine positive Bilanz gezogen. Die in Publikationen dargestellten akustischen Eigenschaften und Vorzüge haben sich bestätigt /17/18/. Die Planung der Halle wurde von Anbeginn an mit einem Modell im Maßstab 1:15 begleitet. Die erste wichtigste Entscheidung betraf den Verlauf und die Gestalt der Decke. Das große Volumen vor und oberhalb des Orchestergrabens sollte und konnte erreicht werden. Der hintere Teil wurde mit Strukturelementen zur gezielten Schallenkung gestaltet. Hinzu kamen die Winkelspiegel an den Wänden, die von der Bühne aus, vom Orchestergraben und aus dem Saal wirksam wurden. Die in Leverkusen fehlenden Reflexionen waren hier vorhanden. Im Modell wurde auch die doppelte Schiebewand demonstriert, die für separate Kinoveranstaltungen erforderlich war /19/. Abb. 2 verdeutlicht die Möglichkeiten des Modells. Der Saal diente für zwei Jahre als Probensaal für das Sinfonieorchester des Hessischen Rundfunks. Am Modell konnten Ort und Einbau der Lautsprecher demonstriert werden.

Dazu gehörte die Kinoanlage in beiden Sälen mit Leinwänden, ausklappbaren Lautsprechern und mit 4 kanaliger Einspielung über Dolby System.



Abb. 2 Architekt Enes betrachtet die Deckengestaltung im Modell der Stadthalle Oberursel 1983. Oberhalb seines Kopfes sind die Auslaßöffnungen für die Lautsprecher zu erkennen. Sie sind später nicht sichtbar.

5. Modell der Festhalle Landau 2000, erbaut 1905-1907 im Jugendstil

Bei allen oben genannten Modellen wurden Schallstrahlen mit Licht oder Laser-Pointer verfolgt und erleuchtete Flächen genau registriert. Winkel von Reflektoren können eingestellt werden, wie es auch Cremer in Wolfsburg getan hat /7/. Die Wiederherstellung des Jugendstilbaues in Landau setzt Grenzen in Bezug auf Neugestaltung. Dennoch muß der Festsaal für Konzert, Operette, Theater und Veranstaltungen mit Lautsprecheranlage funktionieren. Das Modell im Maßstab 1:15 machte akustische Schwierigkeiten deutlich: Es gab Zonen mit unzureichenden ersten Reflexionen. Dieses wurde beim Ausleuchten des Tonnengewölbes sichtbar. Die Konsequenz: Reflektoren oberhalb des Orchestergrabens. Zusätzliche Reflektoren können in vorhandenen Deckenöffnungen installiert werden. Die Öffnungen sind mit grobmaschigen Ziergittern versehen. Auch den Balkonbrüstungen mit ihrer Kassettenstruktur kommt diese Aufgabe zu. Abb. 3 macht verständlich, daß das Modell vor dem geistigen Auge akustische Abläufe vermittelt.

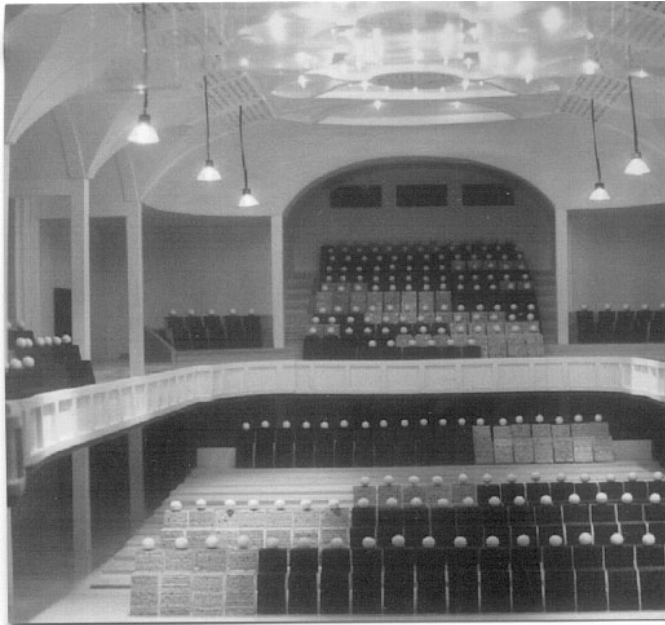
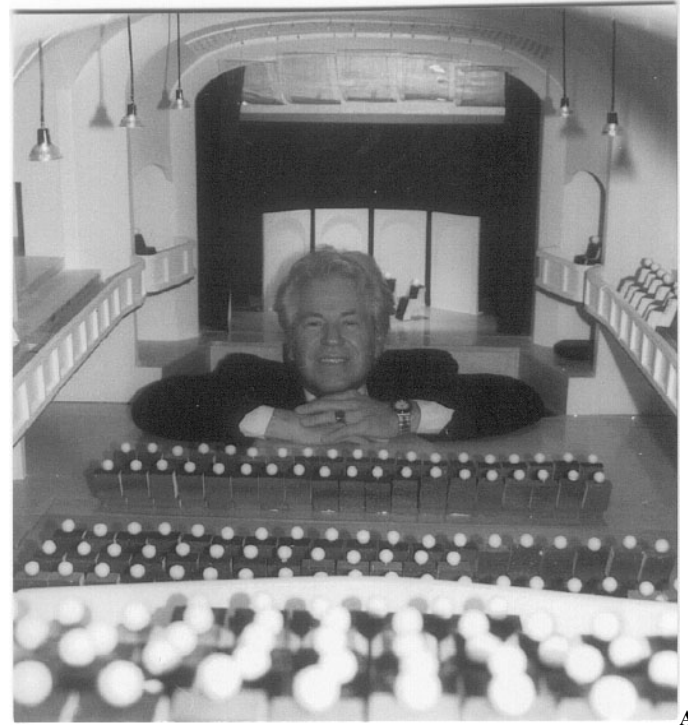


Abb.3 Blick in das Modell von der Bühne aus: mit tonnenförmiger Decke, Modellbau Frühjahr 2000 für Entscheidungen in 2000 und 2001



b. 4 Das Sit-In mit genüßlicher Vorempfindung des zukünftigen akustischen Geschehens in der Festhalle. Wer weiß es genau?

6. Ausblick

Messungen am Modell oder Computersimulationen werden das dreidimensionale Modell oder die Imagination des Akustikers wohl nie ersetzen können. Die Hoffnung besteht, daß es für alle Zeiten erfahrene Akustiker gibt, die objektive Meß- und Berechnungsergebnisse lesen und umsetzen können. Die Virtual Reality könnte Räume abbilden ohne die noch heute üblichen Verzerrungen und Auswüchse. Eventuell erschließt sich auch die Holographie dieser Raumdarstellung.

Literatur

- /1/ HOAI, Honorarordnung der Architekten und Ingenieure, Beuth-Vertrieb Berlin (1995)
- /2/ Beranek, L.: Concert and Opera Halls, How they sound, ASA USA (1996)
- /3/ Fasold, W., Sonntag, E., Winkler, H.: Bau- und Raumakustik, VEB Verlag (1987)
- /4/ Kürer, R.: Zur Gewinnung von Einzelkriterien bei Impulsmessungen in der Raumakustik, Rundfunktechnische Mitteilungen, Heft 5 (1969)
- /5/ Cremer, L.: Allgemeine Anmerkungen zur Benutzung Raumakustischer Modelle, Rundfunktechnische Mitteilungen, Heft 5 (1969)
- /6/ Kuhl, W.: Das Zusammenwirken von direktem Schall, ersten Reflexionen und Nachhall bei der Hörsamkeit von Räumen und bei Schallaufnahmen, Rundfunktechnische Mitteilungen 9 (1965), S.170-183
- /7/ Cremer, L.: Die akustischen Maßnahmen beim Bau des Stadttheaters Wolfsburg, Technik am Bau, 1 (1976)
- /8/ Völker, E.-J.: Schallfelder am Aufnahmemikrofon und ihre Nachbildung im Aufnahmeweg, DAGA in Duisburg, Fortschritte der Akustik (1989), S. 177.
- /9/ Barron, M.: The Subjective Effects of First Reflections in Concert Halls - The Need for Lateral Reflections, Journal of Sound and Vibration (1971) S 425
- /10/ Veneclaus, P.S.: Model Techniques in Architectural Acoustics, JASA, Vol. 47 (1970)
- /11/ Geißler, P.: Erfahrungen mit rechnergestützten Modelluntersuchungen, DAGA in Göttingen, Tagungsband (1982) S. 163
- /12/ Heyser, D.: Acoustical measurements by Time Delay Spectrometry, Journal of AES 15 (1967), S. 370-382
- /13/ Dekeyrel, Y., Metkemeyer, R., Rijk, K., Heringa, P.H.: TDS in scale models of new concert halls, AES Convention in Paris (1988) Preprint 2630
- /14/ Opitz, U.: Raumakustische Modellversuche für einen Konzertsaal, DAGA in Göttingen, Tagungsband (1982) S 167
- /15/ Völker, E.J.: Some new acoustical constructions for recording and post-production, AES Convention in New York (1991) Preprint 3151
- /16/ Völker, E.J.: Zur Bedeutung der ersten 15 ms bei der Beurteilung von Schallaufnahmen im Regieraum, Dissertation an der Technischen Universität Berlin, D83 (1996)
- /17/ Völker, E.J.: Zur Raumakustik einer Mehrzweckhalle für Konzert, Theater, Kino, Konferenz und Feste, DAGA, Fortschritte der Akustik, Tagungsband (1985) S. 403
- /18/ Völker, E.J.: Sound System for a multi purpose hall- requirements and application, AES Convention in Hamburg (1985) Preprint 2204
- /19/ Völker, E.J., Teuber, W.: Zur Schalldämmung doppelter Schiebewände für Mehrzweckhallen, DAGA, Fortschritte der Akustik (1985) S.381

Zusammenfassung

Schallausbreitung im Raum und akustische Eigenschaften lassen sich am Modell verdeutlichen. Die räumliche Wirkung macht Entscheidungen leichter, wie es auch für Architekturmodelle oder Bemusterungen gilt. Die Bauentscheidung verlangt den Nachweis, der die Ergebnisse der Modelluntersuchungen einschließt. Der Verzicht auf ein Modell muß begründet werden. Der Weg ist klar: Das Modell erlaubt die visuelle Überprüfung einzelner akustischer Eigenschaften wie Ausbreitung von Direktschall und Reflexionen, Feststellung der zeitlichen Struktur des ankommenden Schalles oder die Wirkung von Reflektoren. Das Modell kann Meßergebnisse liefern, wenn mit Schallquellen und Mikrofonen gearbeitet wird. Dieses geschieht im Modellmaßstab mit vielen Einflüssen, z.B. der Luftabsorption, der Wahl des Absorptionsmaterials, des exakten Nachbaues der kleinen Raumgliederungen und Berücksichtigung zwischenzeitlicher, baubedingter Änderungen. Am Beispiel des Regieraumes von Sony classical, der Stadthalle in Oberursel, des Forums in Leverkusen und der Festhalle in Landau wird der Vorteil eines Modells erläutert, wenn es zu akustischen Entscheidungen führen soll. Meßtechnische Untersuchungen waren von vornherein nicht vorgesehen. Berichtet wird von wichtigen Entscheidungen im Zuge der Bauplanung und Ausführung.