BAU- UND RAUMAKUSTIK IM STUDIO-NEUBAU DES BAYERISCHEN RUNDFUNKS

Vortrag, gehalten auf der 6. Tonmeistertagung in München in der Zeit vom 29. bis 31. Oktober 1963

VON WILFRIED STRUVE

SIEMENS & HALSKE AG, WERNERWERK FÜR MESSTECHNIK, KARLSRUHE

Eingegangen am 18. November 1963 DK 534.861:534.84

Zusammenfassung

Es wird ein Funkhaus-Neubau beschrieben, in dem zur Körperschalldämmung fast ausschließlich Stahlfederelemente verwendet und die durchgeführten Maßnahmen bereits im Rohbau meßtechnisch überprüft wurden. Die raumakustischen Wand- und Deckenverkleidungen wurden zur Erleichterung der Montage und irgendwelcher Änderungen größtenteils als Einzelelemente vorfabriziert.

Summary **Constructional and room acoustics in the studio building of the new Broadcasting House, Munich**

This article describes a new broadcasting house in which almost exclusively steel spring elements have been used for body sound attenuation. The measures taken have already been tested during construction. The room acoustical lining material has been prefabricated as single elements in order to facilitate its mounting to walls and ceilings and to permit any alteration.

Résumé **Acoustique de construction et des salles dans le bâtiment des studios de la nouvelle station de radiodiffusion à Munich**

Cet article décrit une nouvelle station de radiodiffusion dans laquelle on a utilisé presque seulement des éléments de ressort d'acier pour l'atténuation des bruits de masse. Les mesures prises ont déjà été éprouvées pendant la construction. Le matériel de revêtement pour régler l'acoustique des salles a été préfabriqué comme éléments détachés afin de faciliter son montage aux murs et aux plafonds et de permettre des changements quelconques.

Gliederung

1. Einleitung
2. Bauakustik
2.1 Allgemeine Bemerkungen
2.2 Baukonstruktive Maßnahmen
2.3 Kontrollmessungen
3. Raumakustik
3.1 Wandbehandlung in kleinen und mittelgroßen Räumen
3.2 Deckenausbildung der kleinen und mittelgroßen Räume
3.3 Erdgeschoßstudios

1. Einleitung

Mit der vor wenigen Wochen stattgefundenen Einweihung ist der Studio-Neubau des Bayerischen Rundfunks abgeschlossen worden, dessen Planung Anfang 1957 von der Architekten-Arbeitsgemeinschaft Prof. Wiedemann, Prof. Eichberg und Architekt Roth begonnen wurde. Im Frühjahr 1958 fand der erste Spatenstich statt. Der Rohbau wurde im November 1959 gerichtet und ab Herbst 1961 konnten die Stockwerke laufend, wie ihr Ausbau vonstatten ging, in Benutzung genommen werden.

Der Studiobau ist eine Stahlbetonkonstruktion von rund 60 m · 60 m Grundfläche, in dessen 10 Geschossen neben einer großen Anzahl von Büros, Archiv-, Lager-, Meß- und Werkstatträumen, 3 Musik-Studios, 3 Hörspielkomplexe, 1 kleines Fernsehstudio, 22 Studios für Sprachaufnahmen, 2 Hallräume, 50 Tonträger- und Regieräume, 14 Probenräume und Stimmzimmer sowie eine Klimazentrale mit über 80 Einzelanlagen untergebracht sind.

Darüber hinaus mußten ein eigenes Haus für eine Energiezentrale und außerdem eine Tiefgarage geschaffen werden. Der neue Studiobau war durch einen Verbindungsbau, in dem wieder Büros und Sitzungssäle enthalten sind, vom alten Riemerschmidt-Bau her, in dem der Haupteingang des Funkhauses liegt, aufzuschließen. Für den Werbefunk wurde ein neues Gebäude mit einem Hörspielkomplex, einer Reihe von Räumen für die Technik sowie Büros benötigt.

Dieser Bericht behandelt die bau- und raumakustischen Maßnahmen, die für den Studioneubau durchgeführt wurden. Der Planung wurden Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen des Instituts für Rundfunktechnik in Hamburg zugrunde gelegt. Bei vielen Problemen wurde die Lösung mit ihm zusammen erarbeitet.

2. Bauakustik

2.1 Allgemeine Bemerkungen

Den bauakustischen Maßnahmen für alle gegen Störgeräusche empfindlichen Räume wurden die bekannten von den Rundfunkanstalten (ARD) für Studio-Neubauten empfohlenen Kurven der zulässigen Geräuschpegel zugrunde gelegt.

Bild 1 zeigt z. B. als Kurve A die Grenzwerte pro Oktave, die von Dauergeräuschen, etwa der Klimaanlage, in Studios und Regieräumen nicht überschritten werden sollen. Für nur kurzzeitige Störungen, wie sie z. B. durch Flugzeuge hervorgerufen werden können, wurden die Sollwerte entsprechend der Kurve B um 5 dB heraufgesetzt.

Stellt man diesen sehr niedrigen, bei der heutigen störfreien Aufnahmetechnik aber notwendigerweise einzuhaltenden Werten die Pegel der großen vorhandenen Störschallquellen gegenüber, für die Gebäudeumgebung den Verkehrs- und Flugzeuglärm und für das Gebäudeinnere große Orchestermusik, können sich bei Außenstudios, benachbarten Musikstudios bzw. Musik- und Sprachstudios Dämmwerte für die Wände und Decken von über 80 dB ergeben. Die Kurve C zeigt den auf verschiedenen Messungen beruhenden hier vorausgesetzten maximalen Störpegel. In den angegebenen Fällen mußten also die Raumbegrenzungen Luftschallpegeldifferenzen entsprechend der Kurve D aufweisen. So hohe Dämmwerte werden mit mehrschaligen Konstruktionen erreicht, wenn für eine ausgezeichnete Körperschall-

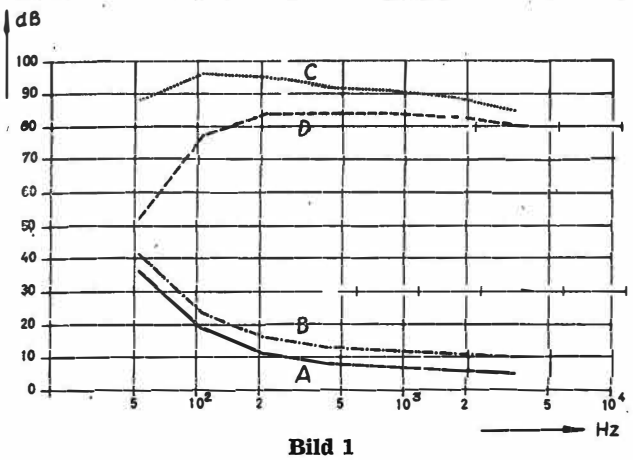


Bild 1
Studioneubau München
Luftschallpegeldifferenz pro Oktave

A: Zulässiger Geräuschpegel für Dauergeräusche (über $2 \cdot 10^{-4}$ µbar)
B: Zulässiger Geräuschpegel für kurzzeitige Störungen
C: Vorausgesetzter Störpegel (über $2 \cdot 10^{-4}$ µbar)
D: Erforderliche Luftschallpegeldifferenz

dämmung zwischen den einzelnen Schalen gesorgt wird. Über diese Frage gerade im Zusammenhang mit dem Bau von Rundfunkstudios und ihre Untersuchungsergebnisse wurde von W. Kuhl und F. K. Schröder [1] und von Kuhl und dem Verfasser [2] auf dem 4. Internationalen Kongreß für Akustik in Kopenhagen 1962 bereits früher berichtet. In dem ersten der genannten Berichte ist auf die Überlegenheit von Stahlfedern gegenüber anderen Körperschall-Dämmstoffen hingewiesen, die z. B. im Vergleich zu Kork bis zu 17 dB betragen kann.

2.2 Baukonstruktive Maßnahmen

Fast bei allen mehrschaligen Räumen dieses aus den Anforderungen und der Anlage heraus besonders schwierigen Projektes wurden daher zur Körperschallisolation zwischen den Innenschalen und dem Massivbau Stahlfederelemente verwendet [3]. Die Wände wurden auf Federbändern, sogenannten Längsdämmbügeln errichtet, die parallel zu der Längsausdehnung der Wände angeordnet sind. Die schwimmenden Estriche liegen, soweit sie nicht auf Faserstoffplatten vergossen wurden, ebenfalls auf Dämmbügelelementen. Zur Isolation der Innendecken, die nicht frei vom Massivbau auf den Innenwänden gelagert werden konnten, dienten bei leichten Rabitzdecken einfache Bügelfedern und bei schweren begehbaren Decken Schraubenfedersätze.

Die mit der Errichtung von Wänden auf Stahlfedern verbundenen statischen Probleme (die Bearbeitung der Statik des gesamten Hauses lag in Händen von Dipl-Ing. Christmann, München) wurden bei den zweigeschossigen Räumen durch eine Stahlfachwerk-Konstruktion mit 11,5 cm starker Hochlochziegel-Ausfachung gelöst. Bei den z. T. bis 14 m hohen und nur 9 cm starken Betonwänden der drei großen Erdgeschoßstudios mußte zur Verhinderung des Ausknickens oben eine feste Einspannung an den Rohdecken vorgesehen werden. Sie erfolgte ebenfalls über eine Körperschallisolation aus Stahlfedern.

Zur Erläuterung dieser kurzen Beschreibung der hier getroffenen wichtigsten bauakustischen Maßnahmen sollen die folgenden Bilder dienen (Bilder 2 und 3).

Das nächste Bild vermittelt in einem schematischen Querschnitt durch das Studiogebäude eine Vorstellung von der Lage der schallisolierten Räume, die vom Untergeschoß bis zum 7. Obergeschoß über alle Stockwerke verteilt sind. Der Schnitt ist durch das im Erdgeschoß liegende Studio 3 gelegt, das sich in der Höhe bis zum 3. Obergeschoß erstreckt. Die ebenfalls im Erdgeschoß untergebrachten Musikstudios 1 und 2 sind wesentlich größer und reichen bis in das 4. Obergeschoß hinein (Bilder 4 bis 11).

2.3 Kontrollmessungen

Bereits im normalen Wohnungsbau kann der Erfolg der aufgewendeten bauakustischen Maßnahmen fragwürdig sein, wenn die Ausführung Fehler aufweist oder durch Unachtsamkeit schlecht wurde. Bei der Errichtung einer in einem einzigen Baukörper zusammengefaßten Produktionsstätte für alle Abteilungen einer Rundfunkanstalt, in einer Größe, wie sie hier geplant war, wären derartige Mängel untragbar gewesen. Um sie zu vermeiden, wurde die Körperschalldämmung zwischen den einzelnen Schalen durch umfangreiche Reihenmessungen bereits im Rohbauzustand überprüft. Auf diese Weise konnten unzureichende Bauteile mit unvergleichlich geringerem

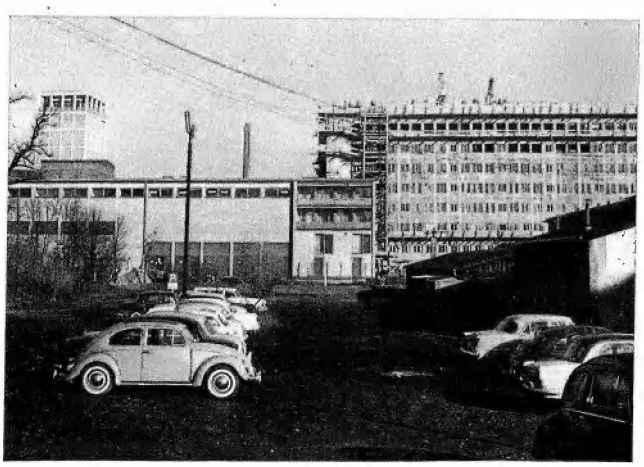


Bild 2
Studio-Neubau und Energiezentrale November 1959

Bild 3
Riemerschmidt-Bau, Verbindungsbau, Studio-Neubau

Zeit- und Kostenaufwand geändert werden, als wenn die Fehler erst nach Fertigstellung der Räume entdeckt worden wären. Die verwendete Meßapparatur zeigt Bild 12. Sie besteht, abgesehen von dem Rauschgenerator, den erforderlichen Filtern und Verstärkern aus einem elektromagnetischen Schwingungssystem mit 50 W Belastbarkeit, das mit Terz- oder Oktavrauschen gespeist wird und einem Kristall-Mikrophon. Als Anzeigeinstrument wurde ein Terzsiebanalysator verwendet.

In Bild 13 sind einige Meßergebnisse an Doppelwänden zusammengestellt, von denen beide Schalen auf Stahlfedern ruhen, aus 1/2-Stein starkem Hochlochziegel-Mauerwerk bestehen und einen etwa zur Hälfte mit Faserstoff gedämpften Hohlraum von etwa 5 bis 10 cm Stärke besitzen.

Kurve A zeigt das Mittel der Körperschallpegeldifferenz-Messungen an 34 verschiedenen Wänden.

Kurve B zeigt die Werte, die an einer Wand mit Schallbrücke gemessen wurden. (Beim Betonieren der Balken über dem Regiefenster hatte sich die Schalung verschoben, so daß beide Balken an mehreren Stellen fest verbunden waren.)

Kurve C zeigt die Meßwerte nach Beseitigung des Fehlers.

Kurve D zeigt die an der gleichen Wandkonstruktion allerdings ohne Regiefenster gemessene Luftschallpegeldifferenz.

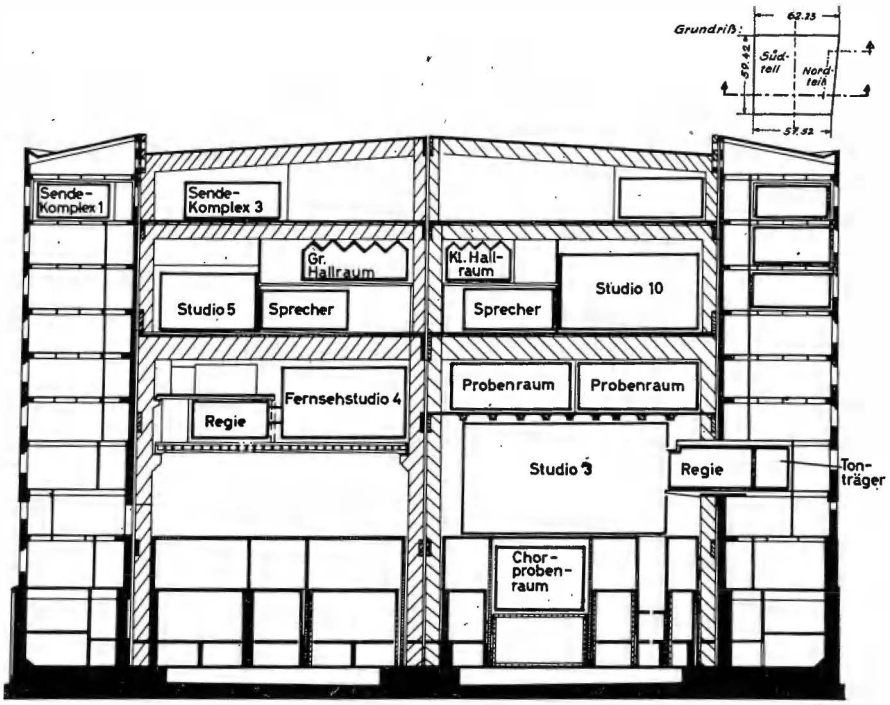


Bild 4
Gebäude-Querschnitt

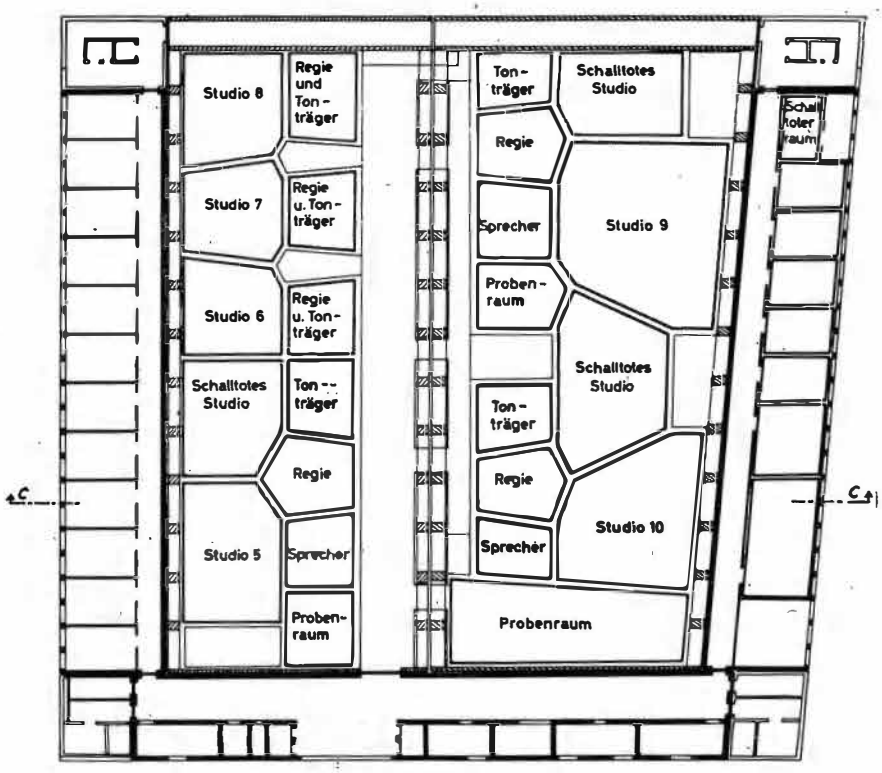


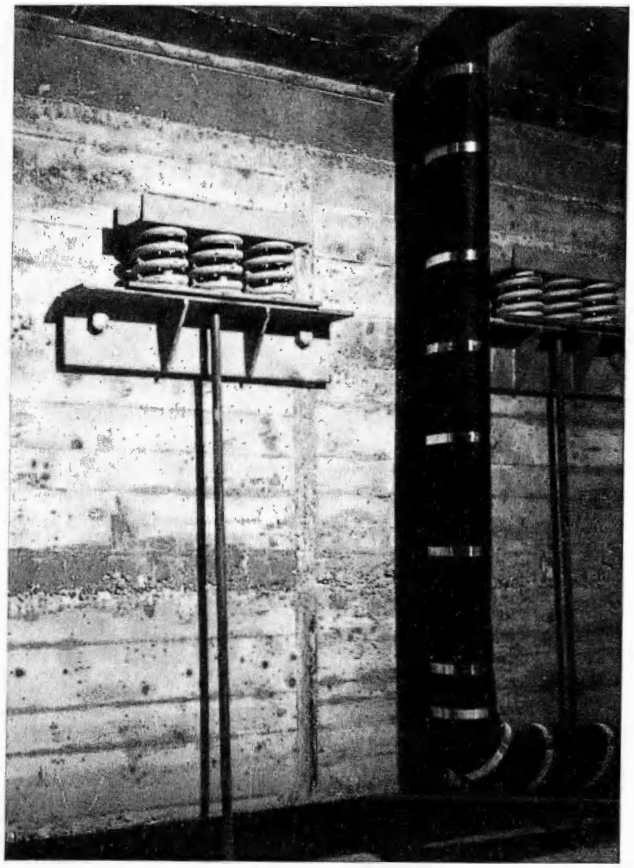
Bild 5
Gebäude-Grundriß, 5. Obergeschoß

3. Raumakustik

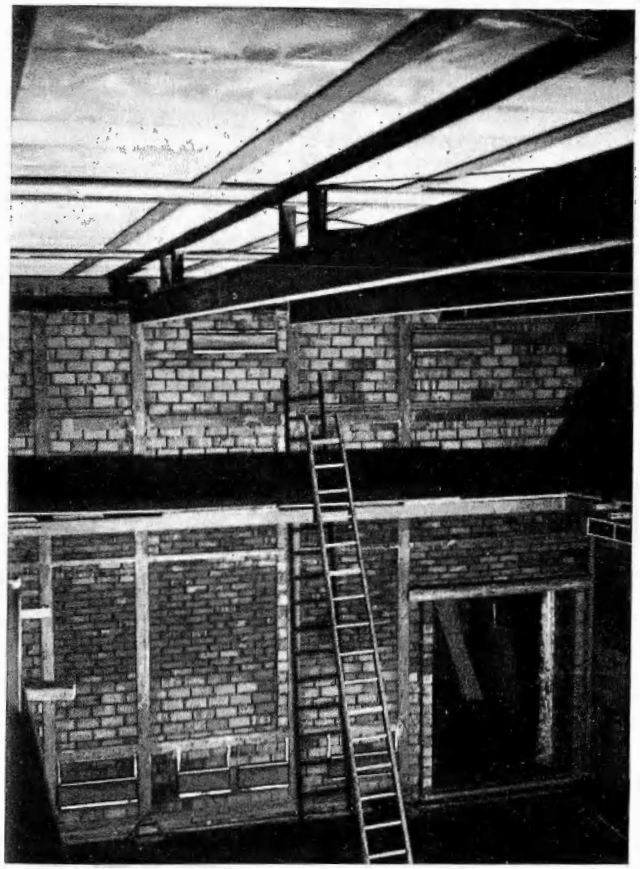
3.1 Wandbehandlung in kleinen und mittelgroßen Räumen

Die große Anzahl der Räume, die eine akustische Bearbeitung erforderten, riet zu einer Trennung der optischen und raumakustischen Maßnahmen. Nur in den drei Erdgeschoßstudios, in einem Hörspielstudio und in einigen Probenräumen wurden an den Wänden Holzverkleidungen eingebaut, die beiden Zwecken dienen. In allen übrigen Räumen verdecken schalltransparente Masken aus hochperforierten schmalen Aluminiumstegen bzw. nylonartigen Geweben die Wände. Hinter diesen Masken, die in einigen Zentimetern Abstand von den Wänden befestigt sind, wurden die Elemente für die erforderliche Schallabsorption in Form von einzelnen einfachen Holzrahmen mit den üblichen für die verschiedenen Frequenzbereiche wirksamen Maßnahmen, also Sperrholzplatten und Faserstoffe verschiedener Stärke untergebracht. Diese Technik ermöglichte die Vorfabrikation des größten Teiles aller Verkleidungen und erleichterte die Elektroinstallation sowie irgendwelche Änderungen an den getroffenen Maßnahmen.

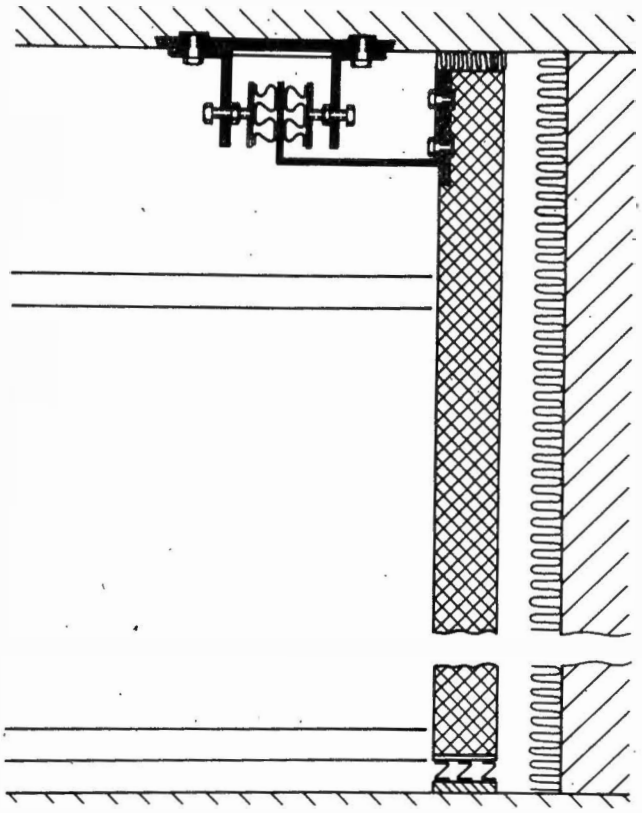
6



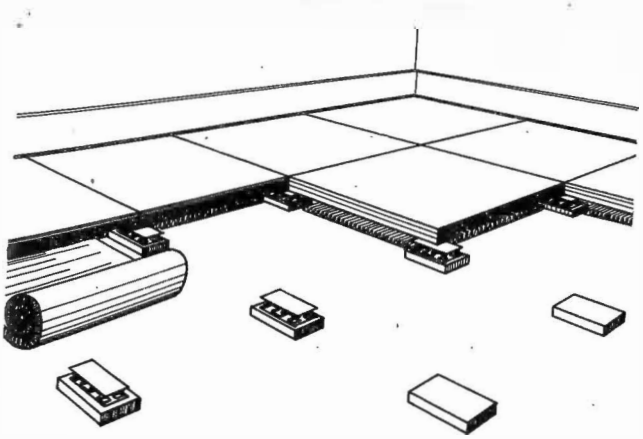
9



7



10



8

Bild 6: Errichtung von Doppelwänden bei eingeschossigen Räumen. — Bild 7: Fernsehstudio 4 in Stahlfachwerk. — Bild 8: Fußboden auf Stahlfedern. — Bild 9: Federsatz für schwere Decken. — Bild 10: Federspannung hoher Wände.

3.2 Deckenausbildung der kleinen und mittelgroßen Räume

Bei den Deckenverkleidungen mußte eine Kombination mit den Forderungen der Klimatisierung gefunden werden. Das hier allgemein angewendete Klimatisierungssystem besteht in der Luftzuführung aus einer Druckkammer über einer in gleichmäßigen Abständen über die ganze Fläche perforierten Decke. Die Abluft wird durch mehrere ringsherum an den Wänden verteilte Stichkanäle mit Öffnungen in Fußbodennähe in einem ebenfalls in der Deckendruckkammer untergebrachten Ringkanal gesammelt und von hier aus abgesaugt. Die Deckendruckkammern

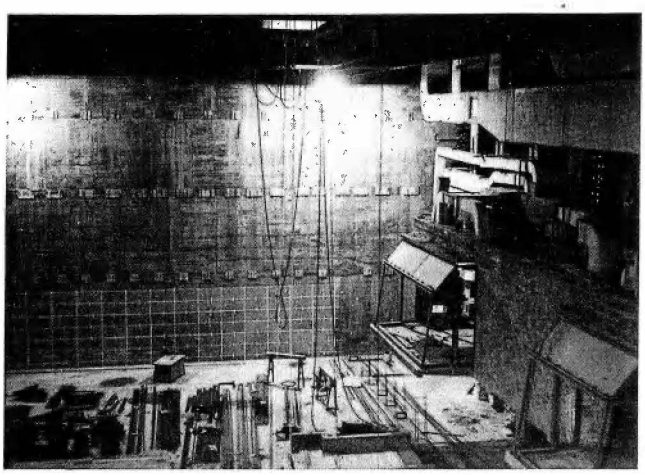


Bild 11
Studio 1 vor Errichtung der Innenwände

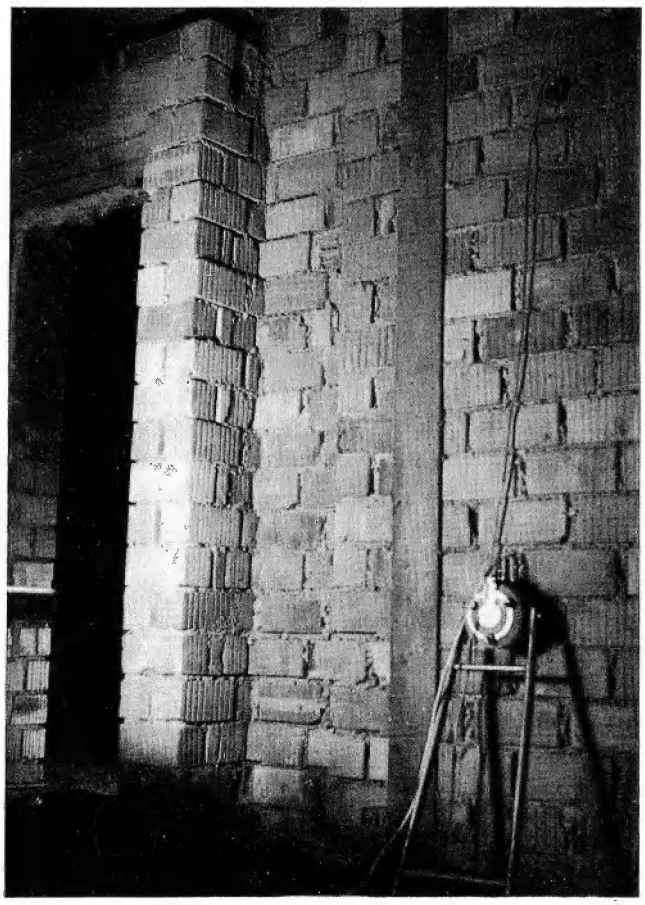


Bild 12
Sender und Empfänger für Körperschalluntersuchung

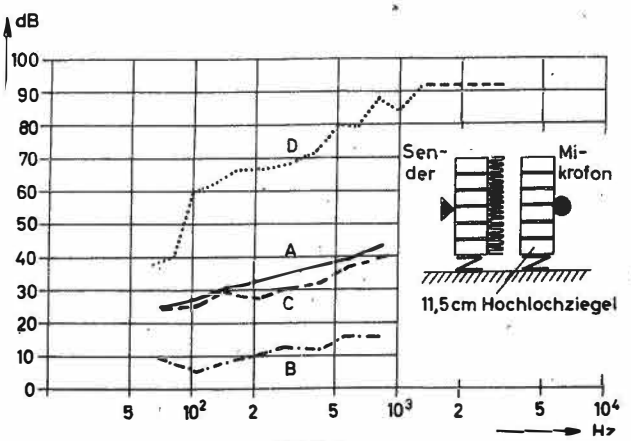


Bild 13
Sender und Empfänger für Körperschalluntersuchung Schallpegeldifferenzen an einer Doppelwand auf Stahlfedern
A: Mittel aus Körperschall-Messungen an 34 Doppelwänden
B: Körperschall-Messung an der gleichen Wandkonstruktion mit Schallbrücke
C: Nach Beseitigung der Schallbrücke
D: Luftschallpegeldifferenz (Mittelwert > 79 dB)

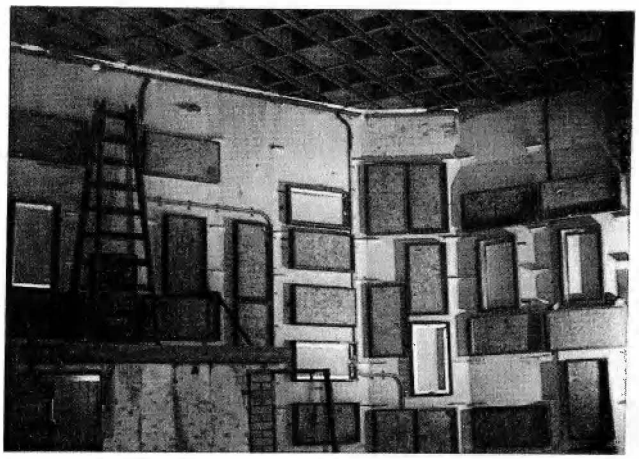


Bild 14
Studio 9 ohne Maskenverkleidung

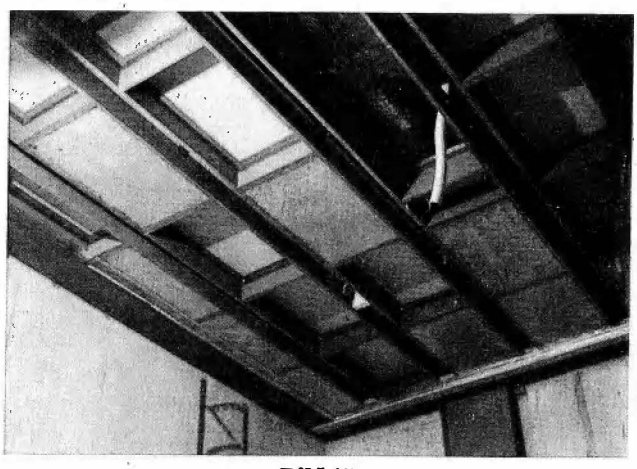


Bild 15
Deckenverkleidung

sind zum Raum hin durch parallellaufende ca. 30 cm breite Rigips-Kassettenstreifen abgeschlossen, zwischen denen jeweils schmale perforierte Holzstege als Luftauslässe eingefügt sind. In den Rigipskassetten sind, soweit erforderlich, Faserstoff-Füllungen z. T. auch Zylinderdiffusoren untergebracht. Die Sicht-

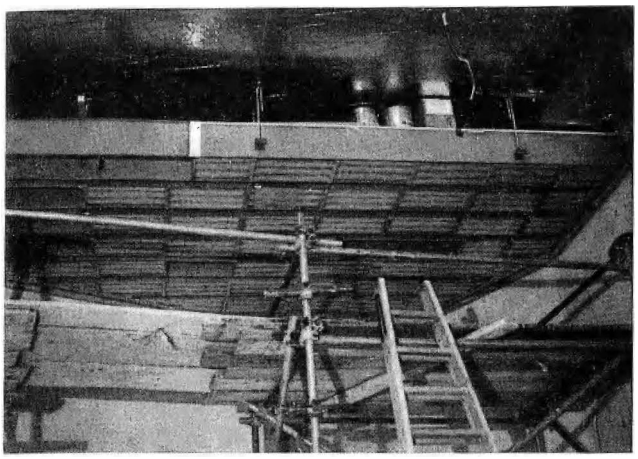


Bild 16
Montage vorgefertigter Deckenverkleidungen

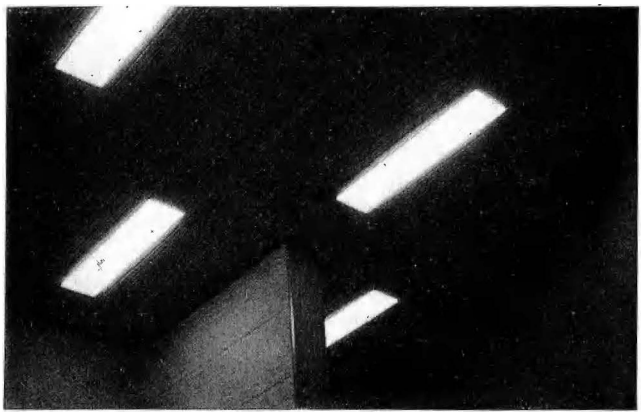


Bild 17
Studio mit bespannten Wänden und Decke aus Aluminiumstegen

verkleidungen aus schmalen Zierleisten mit hinterlegten Nylonbespannungen oder aus perforierten Aluminiumstegen sind so konstruiert, daß der Unterschied zwischen Luftauslässen und der übrigen Deckenfläche kaum sichtbar wird.

Einige Bilder sollen die in den kleineren Räumen durchgeführten raumakustischen Maßnahmen noch etwas besser veranschaulichen (Bilder 14 bis 19).

3.3 Erdgeschoßstudios

Die drei im Erdgeschoß liegenden größten Studios des Hauses sind in erster Linie für Musikaufnahmen bestimmt. Studio 1 mit einem Rauminhalt von 6800 m³ ist die neue Heimstätte des Unterhaltungsorchesters. In dem 3600 m³ großen Studio 2 musiziert das Tanzorchester und in Studio 3, einem Raum mit einem Volumen von 1000 m³ werden kleinere Chor- und Kammermusikaufnahmen gemacht. Studio 1 und 2 sollten auch für Sendungen mit Publikum verwendet werden und sind daher mit Bestuhlungen für 390 bzw. 260 Zuhörer ausgestattet. Es bestand der Wunsch des Bauherrn, bei besonderen Anlässen beide Räume ohne die Reihenbestuhlung mit völlig ebenem Parkettboden, wie er z. B. zum Tanzen notwendig ist, verwenden zu können. Die Bestuhlung mußte also demontierbar konstruiert werden. Dies brachte nicht unerhebliche Schwierigkeiten mit sich, weil unter den Stuhlreihen ein Teil der Zuluft eingeführt wird und damit der Parkettboden mit vielen klappbaren Teilen auszuführen war.

Die Ausbildung der Wände und Decken der drei Erdgeschoßstudios hat allen mit der Planung beschäftigten Stellen viel Kopfzerbrechen verursacht. Es bestand der verständliche Wunsch von Bauherrn und Architekten, gerade für diese Studios einen besonders repräsentativen Rahmen zu schaffen. Leider stimmen aber häufig die geplanten Wege, die diese Wünsche verwirklichen sollen, nicht mit den technischen oder physikalischen Möglichkeiten überein, die beispielsweise Beleuchtung, Klimatisierung und Raumakustik zu bieten haben. Manchmal sind sogar nicht einmal die Forderungen, die von diesen Sachgebieten erhoben werden, mühelos in Einklang zu bringen.

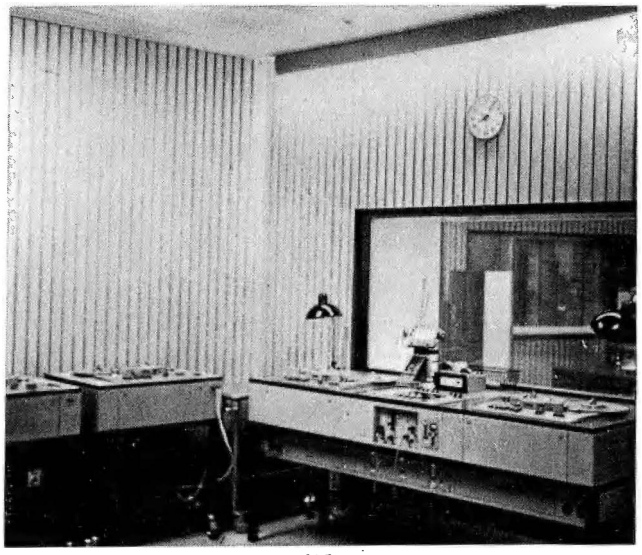


Bild 18
TM mit Wandverkleidung aus Aluminiumstegen und Decke aus Holzleisten

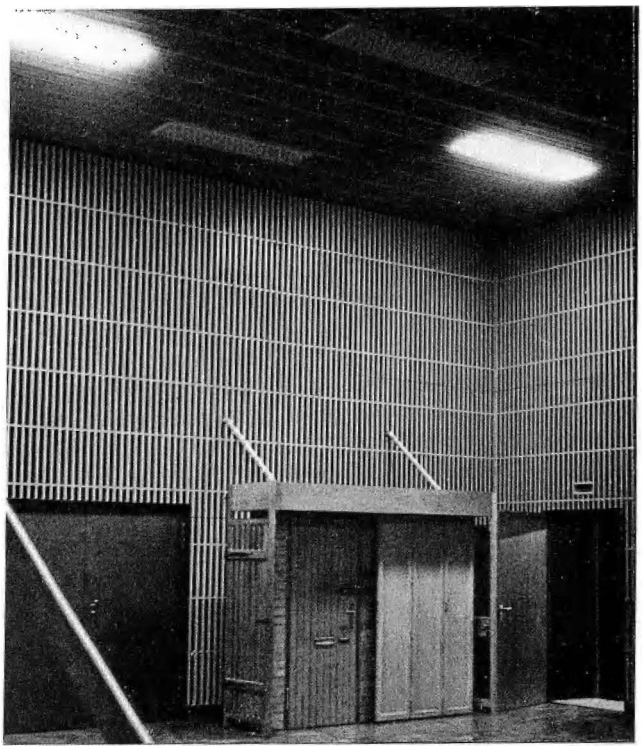


Bild 19
Hörspielstudio 10

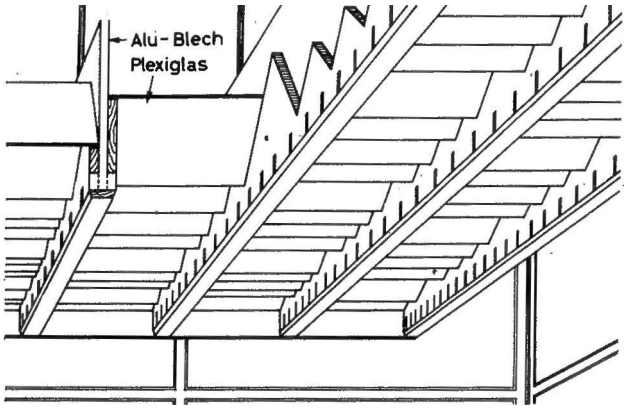


Bild 20
Aufbau der Lichtdecken in Studio 1 und 2

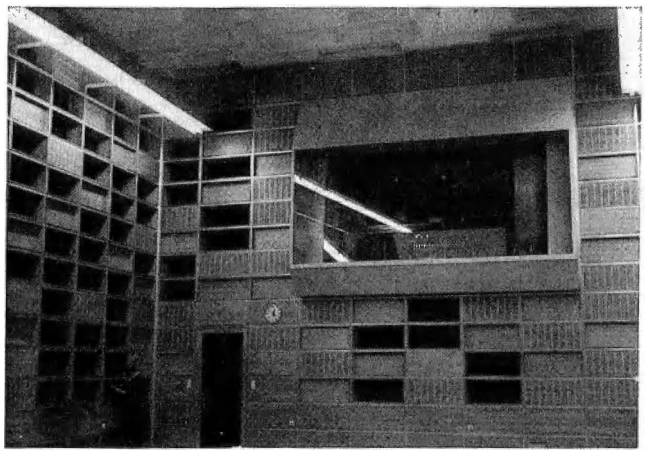


Bild 21 Studio 3

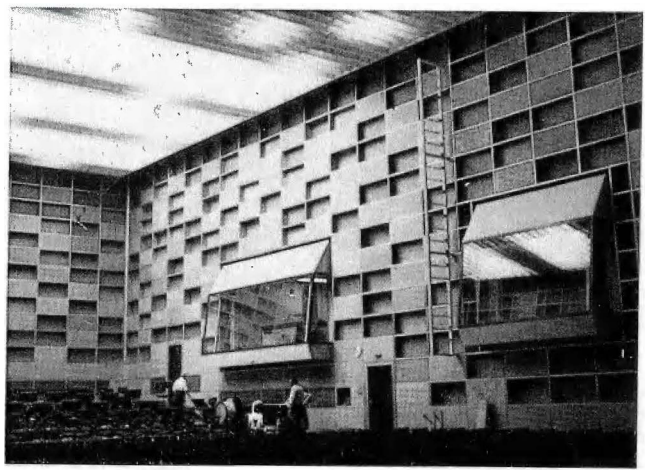


Bild 22 Studio 1

Der Innenausstattungsentwurf, der schließlich zur Ausführung gelangte, sieht folgendermaßen aus: Studio 1 und 2 sind optisch vollkommen identisch. Beide Studios besitzen Lichtdecken aus Plexiglas und Wandverkleidungen aus furnierten tiefen Holzkassetten, deren vertikale und horizontale Stoßstellen durch schmale Aluminium-Zierleisten verdeckt sind. In Studio 3 wurde dieses Bild abgewandelt. Wenn auch hier die Kassettenverkleidung an den Wänden mit den Aluminium-Leisten, allerdings in einem kleineren Format und anderem Furnier, beibehalten wurde, ist die Lichtdecke durch eine prismenförmig profilierte Stuckdecke ersetzt und die Beleuchtungsfrage mehr in konventioneller Form durch im Raum selbst angebrachte Lichtbänder gelöst.

Für die Lichtdecken mußte eine ziemlich komplizierte Konstruktion geschaffen werden, da sie abgesehen von der reinen architektonischen Aufgabe drei Funktionen zu übernehmen hatten. Sie mußten die gesamte Beleuchtung des Studios gewährleisten, und zwar sowohl für die normale Arbeit der Orchester als auch die Aufnahmen mit Publikum. Sie hatten den größten Teil der benötigten Zuluftmengen gleichmäßig über die ganze Studiofläche verteilt zu liefern und sie sollten aus raumakustischen Gründen möglichst diffus schallreflektierend wirken. Aus diesem Grunde besteht das Deckengerippe aus doppelwandigen Metallspanten, die jeweils in Abständen von ca. 40 cm quer über die Studiobreite laufen und beidseitig mit Auflagen für die sägezahnförmig gestalteten Plexiglastafeln versehen sind. Durch die Spanten hindurch erhält die Luft Zutritt aus der über den Lichtdecken befindlichen Druckkammer in die Studios. Aus Bild 20 ist die Konstruktion der Lichtdecken ersichtlich.

Der Aufbau der Wandverkleidung aus Kassetten, deren Boden durch die Wandflächen selbst gebildet wird und deren Füllungen nach raumakustischen Gesichtspunkten gestaltet werden konnten, ist grundsätzlich einfach, da nur die übliche Methode, Plattenabsorber zur Dämpfung der tiefen Frequenzen und Faserstoffe mit perforierten Abdeckungen zur Schallabsorption im übrigen Frequenzbereich vorzusehen, zur Anwendung gelangte.

Erschwerend aber war der Wunsch, die Verkleidungen verändern zu können, ohne das Bild der Studios grundsätzlich zu beeinflussen. Alle Kassetten, und zwar gleichgültig ob sie Füllungen besitzen oder nicht, sind daher völlig unabhängig voneinander und lassen sich nach vorherigem Entfernen der Aluminium-Leisten einzeln demontieren, austauschen oder in ihren Absorptionseigenschaften verändern. Die Kassetten werden durch in die Wände eingelassene Bolzen mit Schraubgewinde und entsprechenden Muttern gehalten. Die in den drei Studios erreichten Nachhallzeiten sind in Studio 3 mit Inventar aber ohne Personen 1,6 s, in Studio 2 unter den gleichen Voraussetzungen 1,0 und in Studio 1 1,7 s. Die Bilder 21 und 22 sind zwei Aufnahmen aus Studio 3 und Studio 1.

Die Errichtung dieses großen Hauses, die von der Planung bis zur vollständigen Inbetriebnahme über sechs Jahre beansprucht hat, brachte eine Fülle von Problemen mit sich, deren Lösung nur durch die ausgezeichnete Zusammenarbeit aller Beteiligten möglich war. Auf dem akustischen Gebiet haben wir besonders für die Unterstützung durch das Institut für Rundfunktechnik in Hamburg sowie den unermüdlichen und umsichtigen Einsatz der Herren der Bauabteilung und des Meßdienstes des Bayerischen Rundfunks zu danken.

SCHRIFTTUM:

[1] Kuhl W., Schröder F. K.: Untersuchungen zur Körperschalldämmung federnd gelagerter Baukonstruktionen. Acustica (Beihefte) 6 (1956) H. 1, S. 73 bis 78.
[2] Kuhl W., Struve W.: Vierter internationaler Kongreß für Akustik, Kopenhagen 1962, Report I, M 28.
[3] Kuhl W., Kath U.: Akustische Anforderungen an ein Konzertstudio und ihre Realisierung beim Großen Sendesaal des NDR in Hannover. Rundfunktechn. Mitt. 7 (1963), S. 270 bis 277.