

# Erweiterungsbau des Radio-Studio Zürich: Architekten Otto Dürr, Mitarbeiter Rud. Joss, Zürich

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **115/116 (1940)**

Heft 18

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-51170>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Erweiterungsbau des Radio-Studio Zürich. — Neue bodenmechanische Forschungen. — Zur Rissbildung im Eisenbeton. — Mitteilungen: Strassenbau Haifa-Bagdad. Ventildampfmaschine mit Druckölsteuerung. Weitere Misserfolge bei geschweissten Vierendeel-Brücken.

Erweiterungsbauten des Technikums Winterthur. Aluminium-Sand- und Kokillenguss. Eine Rekordfahrt der «Queen Mary». — Nekrolog: Peter Spoerry. — Literatur.

Mitteilungen der Vereine.

Band 115

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 18



Abb. 1. Vorn links der Erweiterungsbau mit Haupteingang, rechts hinten der querstehende Altbauflügel

## Erweiterungsbau des Radio-Studio Zürich

Architekten OTTO DÜRR, Mitarbeiter RUD. JOSS, Zürich

### I. Baubeschreibung

Mit der rasch fortschreitenden Entwicklung des Radiowesens wachsen zugleich die Anforderungen an die Programme und damit auch an die Studioräume. Infolgedessen sah sich die Radio-Genossenschaft in Zürich schon mehrfach veranlasst, diese durch Wechsel des Sitzes und schliesslich durch die Erstellung eines eigenen Studio-Gebäudes zu vergrössern und zu vermehren. Wie rasch die Ansprüche gestiegen sind, lässt sich deutlich an den verschiedenen Baudaten zeigen:

1924 Erste Studioräume im Amthaus IV am Lindenhof,

1927 Neue Studioräume in der «Sihlporte»,

1933 Eigenes, neuerbautes Studiohaus in Zürich 6<sup>1)</sup>; Kubikinhalt 8441,5 m<sup>3</sup>; Baukosten 549 617 Fr.,

1938/39 Erstellung des Erweiterungsbaues daselbst, Kubikinhalt rd. 14 000 m<sup>3</sup>, Baukosten rd. 900 000 Fr., bzw. 70 Fr./m<sup>3</sup>.

Studien: Das Bauprogramm für den am 28. März 1938 begonnenen und bis Ende des Monats Mai 1939 vollendeten Erwei-

<sup>1)</sup> Beschrieben in «SBZ», Bd. 104, S. 36\* (28. Juli 1934).

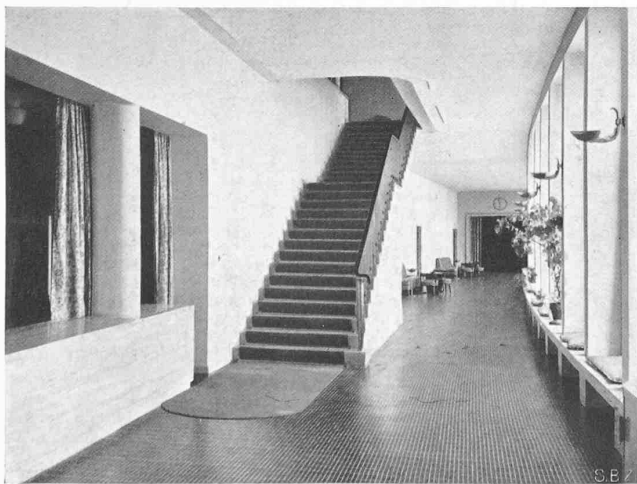


Abb. 2. Eingangshalle mit Garderobe im Erdgeschoss

terungsbau wurde von der Baukommission in Verbindung mit den Architekten und dem technischen Personal von Radio Zürich äusserst sorgfältig bearbeitet. Die Abklärung wichtiger Fragen erfolgte zudem auf Grund von Studienergebnissen, die durch den Besuch modernster, ausländischer Sendehäuser in London, Berlin, Wien und Hilversum gewonnen wurden. Anlässlich der Studienreise nach London, an der sich auch Prof. Dr. F. Tank von der E. T. H. beteiligte, wurde noch besonderes Gewicht auf den Besuch einer dortigen Fernseh-Ausstellung, sowie auf das Studium der bereits im Betrieb befindlichen Fernseh-Studios und deren Sende-Apparaturen und -Einrichtungen gelegt, denn es war notwendig, schon bei der Projektierung des heutigen Erweiterungsbaues auf allfällige spätere Bedürfnisse des Fernsehens Bedacht zu nehmen. Vorläufig ist beabsichtigt, das bisherige «Mittlere Studio» im Altbau mit den anschliessenden Nebenräumen für spätere Fernseh-zwecke zu verwenden. Der neuerstellte Erweiterungsbau umschliesst drei verschiedene Raumgruppen, nämlich den längs der Platzfront gelegenen Bureatrakt, dahinterliegend, im Anschluss gegen den Altbau, eine Gruppe neuer Hörspielstudios mit angegliederten technischen Räumen, und als Kopfbau das neue grosse Konzert-Studio.

*Situation:* Da aus eingangs erwähnten Gründen mit späteren Erweiterungen gerechnet werden muss, wurde die Hauptfront des Neubaus im Zuge eines generellen Erweiterungsprojektes in der Richtung gegen die Hofwiesenstrasse vorgezogen (Abb. 1). Durch diese Massnahme konnte erstens für die gegenwärtige Erweiterung die erforderliche, aussergewöhnliche Bautiefe gewonnen, zweitens für allfällige, spätere Anbauten die Baumasse von der rückwärtigen Nachbargrenze abgelöst werden. Nach dem generellen Erweiterungsprojekt ist vorgesehen, die Hauptfront, bzw. den Bureatrakt in der Richtung der angesprochenen Kurve bis zur Hofwiesenstrasse fortzuführen und auf dem dahinterliegenden Gelände weitere Studiobauten nach dem sogenannten Kammsystem anzugliedern.

Da noch auf lange Zeit hinaus die Brunnenhofstrasse als einzige Zufahrt zum Haupteingang dienen muss, wurde es notwendig, für die reibungslose Abwicklung des Wagenverkehrs den bisher knapp bemessenen Kehrplatz bedeutend zu vergrössern und auszubauen. Nach dem Passieren der Drehtüre des neuen Haupteinganges, die zudem von zwei Notausgangstüren flankiert ist, betritt man die grosse Warthalle des Erdgeschosses (Abb. 2); sie weist die stattliche Länge von über 45 m auf. Linker Hand, am Kopfende ist durch eine Glaswand der Empfangsraum mit Auskunftschalter und einer Telephonkabine abgetrennt. Rechter Hand neben der Garderobe sieht man den

breiten, bequemen Treppenaufgang zum 1. Stockwerk, d. h. zu den Büroräumen und der Direktion.

**Gebäude:** Dem Haupteingang gegenüber liegt in der Hallen-Rückwand das mit Travertin verkleidete Eingangsportal zum grossen Konzertstudio; links davon ist die Eingangstüre zum Warteraum für Solisten (vgl. die Pläne Abb. 3 bis 8). Zwischen dem Portal des Konzertstudio und dem Treppenaufgang liegt eine geräumige Garderobe für rund 130 Personen; ihre Abschrankung bildet ein 6 m langer, ebenfalls mit Travertin verkleideter Ablegekörper. Die 7,5 m lange Garderobeöffnung ist durch zwei Säulen in drei Teile gegliedert; mit Vorhängen kann sie gegen die Halle abgeschlossen werden. Unter der Haupttreppe führt ein Abgang zu den im Kellergeschoss nahegelegenen Toiletten-Räumen für Besucher und Mitwirkende. Der rückwärtige Hauptteil der Erdgeschosshalle wird möbliert und dient hauptsächlich als Aufenthalts- und Warteraum für Chöre und grössere Ensembles. Ein am Stirnende der Vorhalle gelegener Verbindungsraum führt zu den Vorräumen im Altbau. Die grosse Erdgeschosshalle wird durch eine Front von 23 hohen Fenstern gut beleuchtet; diese fussen auf einem in Sitzbankhöhe durchlaufenden und ebenfalls mit Travertin verkleideten Sockel. Der Fussboden erhielt einen ausserordentlich harten Belag. Wände und Decke sind in hellen Tönen gehalten. Die sichtbar umrahmten Deckenfelder sind zwecks Schall-dämpfung mit 2,5 cm starkem Asbestbelag ausgespritzt worden.

**Grosses Konzert-Studio.** Nach Passieren des oben erwähnten Haupteingangportales betritt der Besucher den rampenartig geneigten Fussboden des anschliessenden, im Grundriss ovalen, stark gedämpften Vorraumes. Der Zutritt zum neuen, grossen Konzertstudio erfolgt durch einen doppelflügligen, schallsicheren Türabschluss, in den ovale Einblickfenster eingelassen sind. Der Raum (Abb. 11, 12) weist folgende Lichtmasse auf: Länge der Mittelaxe = 26,5 m, Breite der Stirnfront (Orchesterrückwand) = 15,0 m, Breite der Rückwand = 18,0 m, mittlere Raumhöhe = 10,4 m. Sein Kubikinhalt beträgt somit rd. 4200 m<sup>3</sup>. Er ist bedeutend grösser als das bisherige, grosse Studio im Altbau mit seinem Inhalt von nur rd. 2300 m<sup>3</sup>.

**Akustik:** Gliederung und Ausbau von Radio-Studioräumen hat in erster Linie nach akustischen Grundsätzen zu erfolgen. Durch die Faltung der Wandflächen, das Rippenwerk der Decke und weitere bauliche Massnahmen wird eine möglichst diffuse Abstrahlung der Schallwellen bezweckt. Für die Regulierung der Nachhalldauer des Raumes und zwecks Erzielung einer bestimmten Frequenz-Kurve müssen als Oberflächenverkleidung in bestimmten Ausmassen zum Teil schwingungsfähige, zum Teil schallabsorbierende Materialien angebracht werden. Näheres hierüber wird in einem nachfolgenden Kapitel (S. 208) mitgeteilt.

**Orchester:** Im Vorderteil des grossen Studio ist das ansteigende, aus mehreren breiten und leichtgeschwungenen Stufen bestehende Orchesterpodium angeordnet. Es bietet einem Orche-

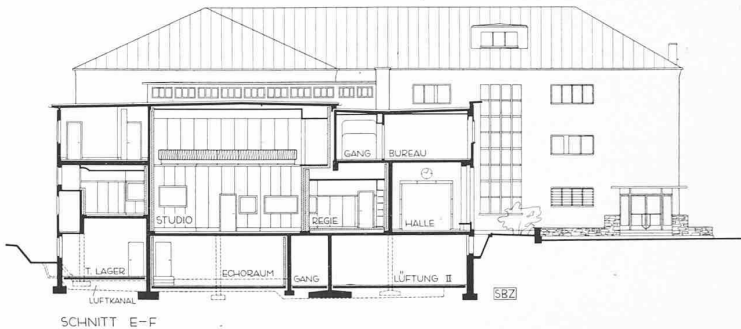


Abb. 7. Querschnitt durch das mittlere Studio. — Masstab 1 : 400

ster bis zu 80 Musikern ausreichenden Platz. Eine ähnlich ausgebildete Estrade mit 130 Sitzplätzen findet sich gegenüber, der Saalrückwand vorgelagert. Der etwas tiefer liegende Mittelteil des Fussbodens, zu dem vom Eingang aus drei breite Stufen hinunterführen, erhält einen schachbrettartigen Korkbelag, dessen Felder numeriert werden. Diese Massnahme dient der genauen Fixierung des günstigsten Standortes von Mitwirkenden, bzw. dem als richtig erprobten Abstand vom Aufnahme-Mikrophon.

**Beleuchtung, Belüftung:** Mit Ausnahme einer Reihe kleiner Notfenster, die während der Emissionen geschlossen werden, weist das Studio, hauptsächlich aus akustischen Gründen, keine Fenster auf. Die Aufführungen finden in allen Aufnahme-räumen bei künstlicher Beleuchtung statt. Alle Studios und auch die technischen Räume sind durch eine sehr wirksame und vollautomatisch arbeitende Klimaanlage belüftet, die zudem die Luftfeuchtigkeitsgrade konstant hält; dies ist für die Musikinstrumente und die Raumakustik sehr wichtig (auch hierüber nachfolgend Näheres).

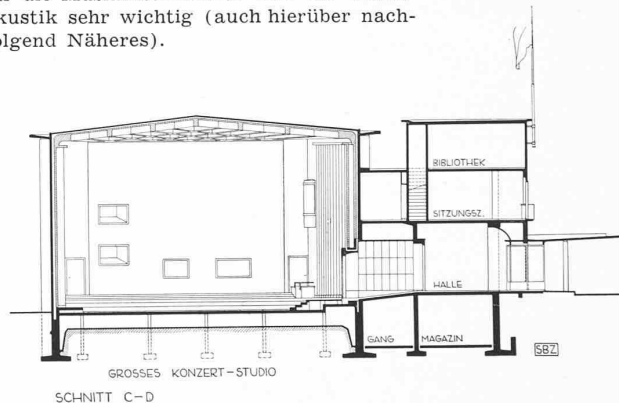


Abb. 8. Querschnitt durch das neue grosse Studio. — 1 : 400

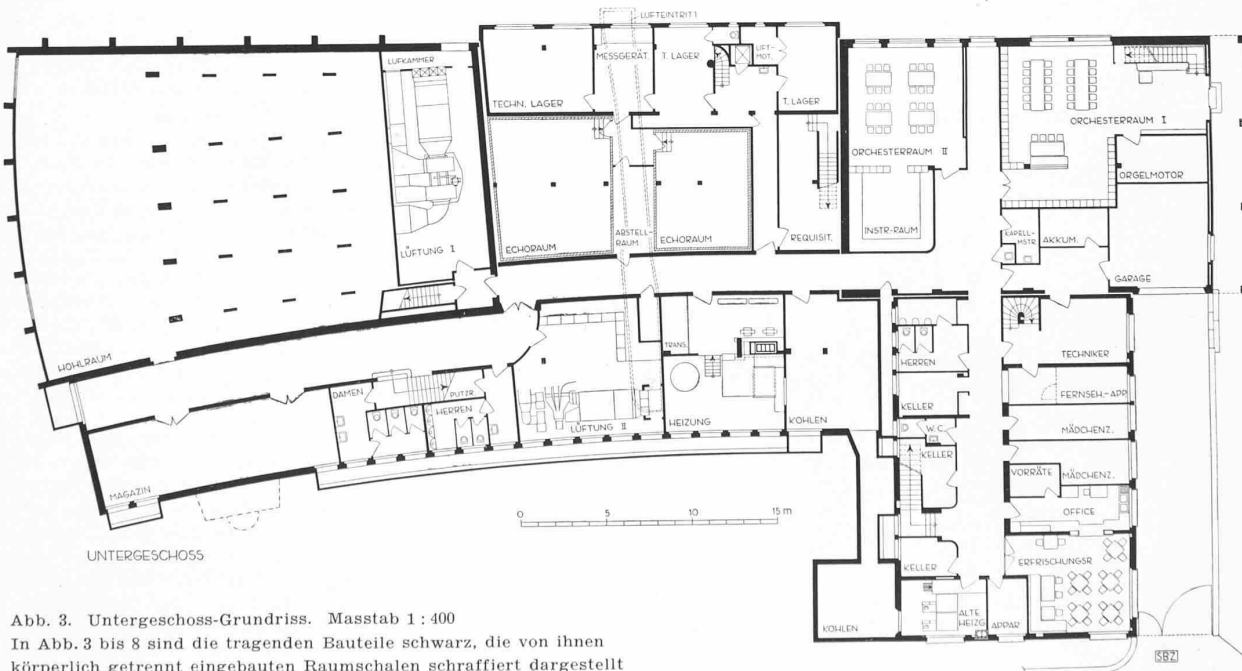
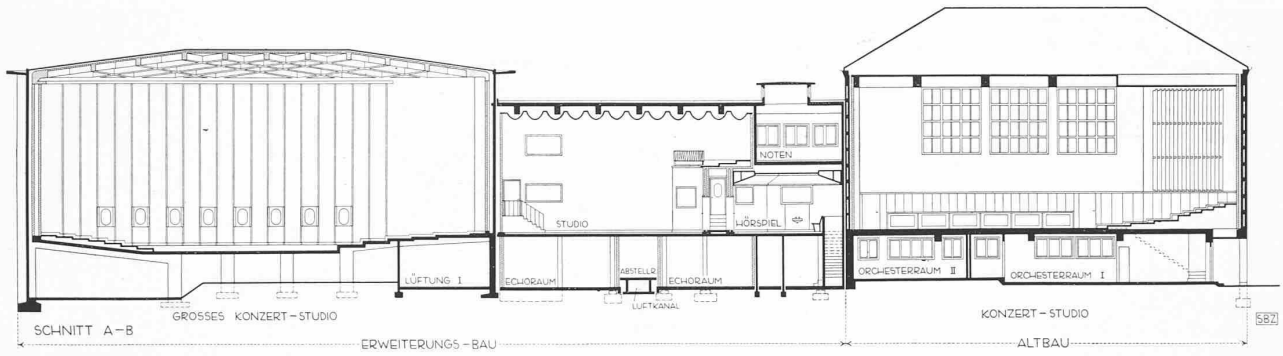


Abb. 3. Untergeschoss-Grundriss. Masstab 1 : 400

In Abb. 3 bis 8 sind die tragenden Bauteile schwarz, die von ihnen körperlich getrennt eingebauten Raumschalen schraffiert dargestellt



**Decke:** Eine besondere Note erhält das Konzertstudio durch die unterzuglose *Kreuzeckrostdecke*, die in der Schweiz zum ersten Mal in solch aussergewöhnlichen Ausmassen erstellt wurde. Deren diagonal gekreuzt verlaufende Rippen haben bei einer Spannweite von rd. 16,5 m nur eine Höhe von 45 cm (Näheres S. 206; ferner St. Szegö in Bd. 103, S. 193\* u. Bd. 110, S. 286\*).

**Wandgemälde:** Ausser den erwähnten Konstruktionselementen, die zugleich die Funktion architektonischer Gliederung ausüben, ist zur Raumgestaltung noch die Orchesterrückwand besonders herangezogen worden. Diese im Blickfeld aller Besucher liegende Wand wurde von Kunstmaler Oskar Lüthi in Zürich mit einer prachtvollen «Farben-Symphonie» bemalt (Abb. 11).

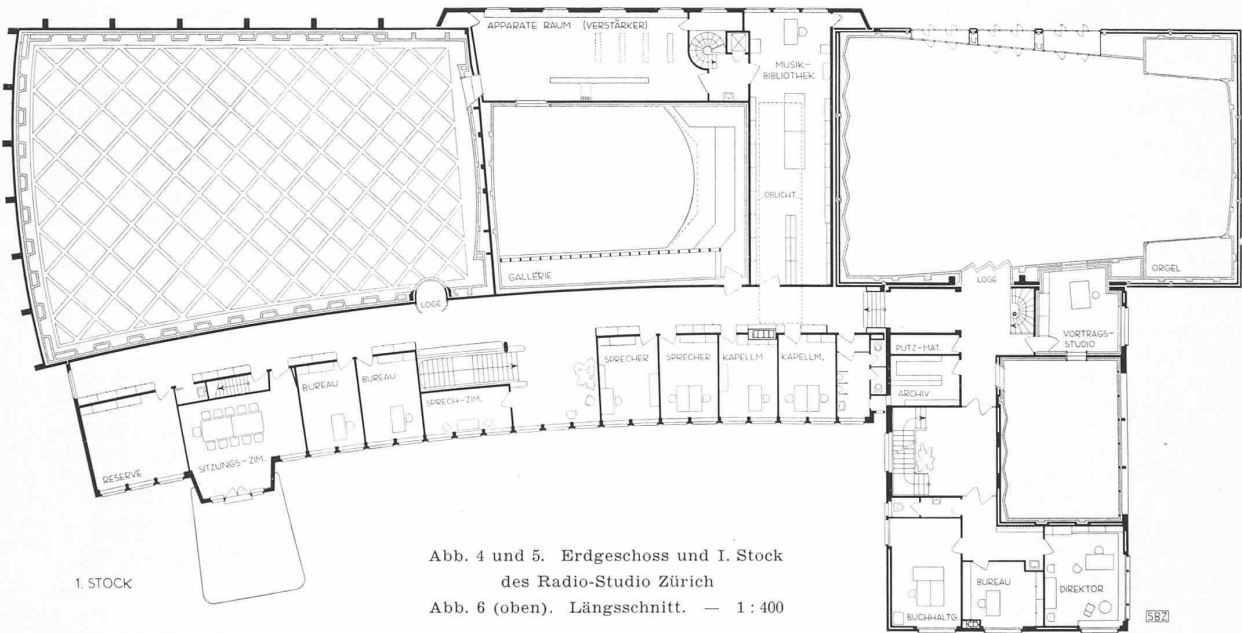


Abb. 4 und 5. Erdgeschoss und I. Stock des Radio-Studio Zürich  
Abb. 6 (oben). Längsschnitt. — 1:400

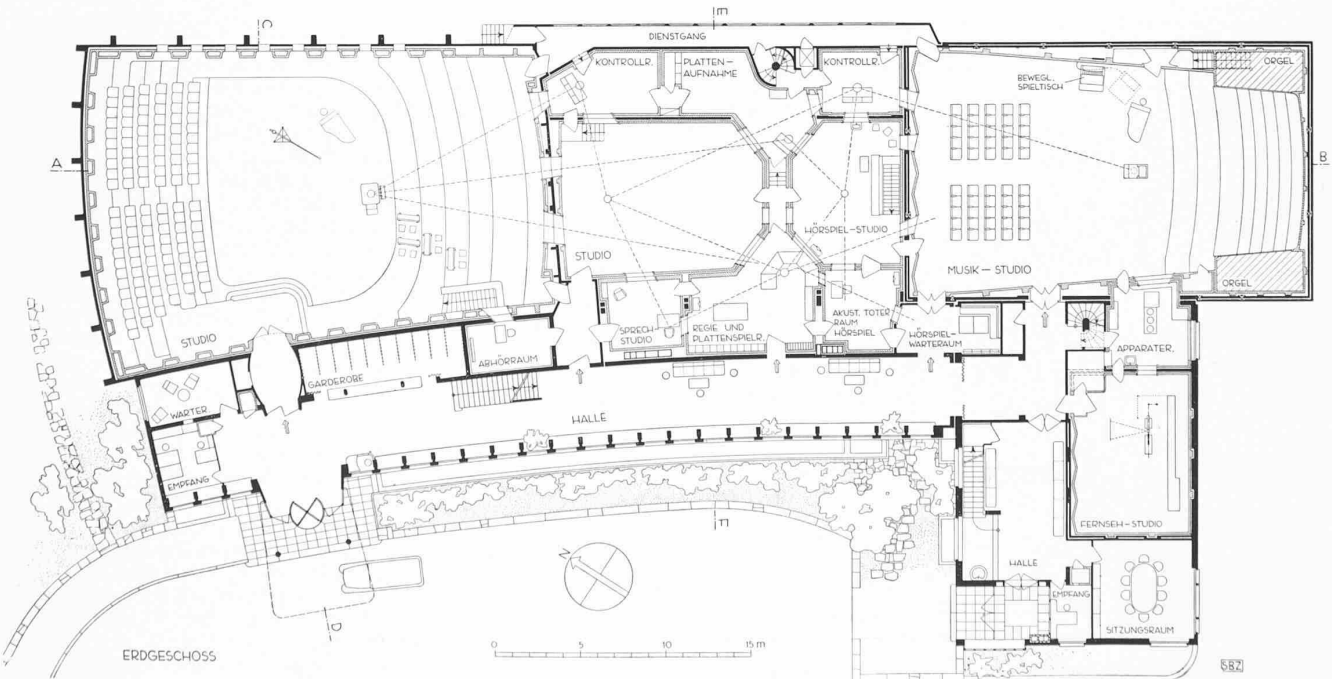






Abb. 9. Im alten Musik-Studio



Abb. 10. Mittleres (neues) Studio mit gewellter Decke

**Hörspieltrakt:** Der in der Richtung gegen den Altbau an das Konzertstudio angeschlossene Hörspieltrakt enthält ein mittelgrosses Studio von rd. 790 m<sup>3</sup> Inhalt, das für die Aufführung von Singspielen, für Darbietungen von Vokal- und Instrumentalgruppen u. a. dient. Ferner liegen in diesem das eigentliche Hörspielstudio mit dem angegliederten akustisch «toten» Raum, ein Sprechstudio, der Regie- und Plattenspielraum (Abb. 14), sowie erforderliche Abhör- und Warteräume. Die Zugänge zu dieser Raumgruppe liegen in der Rückwand der vorerwähnten Erdgeschosshalle. Alle diese Räume sind unter sich verbunden durch schallsichere Verbindungstüren und innere Gänge.

**Technische Räume:** Auf der Rückseite des Hörspieltraktes liegen im Erdgeschoss die technischen Kontrollräume mit Platten- und Stahlbandapparaturen (Abb. 15); im 1. Stock der Verstärkerraum mit der fernbedienten Übertragungsapparatur.

**Durchblickfenster:** Alle diese Räume sind radiotechnisch und akustisch nach modernsten Grundsätzen ausgebaut und eingerichtet. Durch ein wohldurchdachtes System von ebenfalls schalldichten Durchblickfenstern<sup>2)</sup> sind sie ferner nach allen Richtungen gegenseitig übersehbar. Die getroffene Grundrissanordnung und die Anlage der Sehverbindungen ermöglicht den Technikern von den drei Kontrollräumen aus die Emissionen in allen Studios zu überblicken (siehe Erdgeschoss-Grundriss).

**Konstruktion:** Die bautechnische Durchbildung dieses Gebäudes ist ausserordentlich kompliziert. Zur Verhinderung der

<sup>2)</sup> Einzelheiten in Schnittzeichnungen siehe Bd. 104, S. 40\*.

Schallübertragung aus einem Raum in den andern musste ein besonderes System von Trag- und Schallmauern angewandt werden. Die von den Architekten in Verbindung mit dem Ingenieurbureau Klinke & Meyer durchdachte und schon im Altbau bewährte Konstruktionsweise verhindert jegliches Uebergreifen von Schallenergien und zwar auch bei stärksten Klangwirkungen.

**Akustik:** Ausserdem weist jedes Studio eine besondere, akustische Charakteristik auf, wobei einzelne Räume eine längere und andere kürzere Nachhalldauer besitzen. Zur Erzielung dieser Effekte sind die Studios in besonderer Art mit schwingender oder absorbierender Oberflächenverkleidung ausgerüstet. Diesbezüglich spielen auch die Raumformen und Gliederungen, sowie das für die Fussböden und Decken verwendete Material eine wichtige Rolle.

Die technischen Räume, die in drei Stockwerken übereinander liegen, sind in vertikaler Richtung durch eine Wendeltreppe sowie einen Transportlift verbunden. Für die Orchestermitglieder bestehen vollständig getrennte Zugänge zu den grossen Studioräumen. Das erste Stockwerk enthält ausser Bureauräumen ein Sitzungszimmer und die Musikbibliothek (Abb. 16). Im Kellergeschoss liegen ausser technischen Räumen, die beiden getrennten Klimaanlageanlagen, ferner die mit einem Elektrokessel ausgerüstete Heizung, die Schaltanlagen und die Musikerräume.

Anschliessend an diese Orientierung, die wir einem Baubeschrieb von Arch. O. Dürr entnehmen, lassen wir noch nähere Mitteilungen der am Projekt und Bau beteiligten Fachleute folgen.

## II. Die Kreuzekrostdecke über dem Studio I

Entwurf und Berechnung von  
Dipl. Ing. ERWIN MAIER, Schaffhausen

Der rd. 17 × 27 m grosse, schwach trapezförmige, unregelmässige Grundriss mit drei gebogenen Seiten, wurde mit einem 6 × 10 geteilten, sargdeckelartig gehobenen Kreuzekrost aus Eisenbeton überdeckt. Die Dachneigung ist 1 : 12, die Stärke der Dachplatte 8 cm, die lichten Balkenabmessungen sind 18/43 cm. Der Rost liegt mittels umlaufender Randbalken allseitig auf Mauerwerk mit Luftkanälen auf. Der statischen Berechnung lag ein wirtschaftlich günstigster, 3 × 5-geteilter Rost zu Grunde, d. h. halb so viele Balken von etwas grösserer Breite und der doppelten Armierung. Da jedoch der Akustiker die doppelte Balkenzahl verlangte, wurden die aus der statischen Berechnung ermittelten Momente, Normalkräfte und Querkkräfte jeweils auf zwei benachbarte Balken des 6 × 10-geteilten Rostes verteilt und diese entsprechend armiert.

Zur Feststellung der Durchbiegungen, Auflagerdrehungen und örtlichen Dehnungen wurden durch die E. M. P. A. Verformungsmessungen an dieser, in der Schweiz erstmals ausgeführten Kreuzekrostdecke vorgenommen. Der hierüber von Prof. Dr. M. Ros<sup>1)</sup> erstattete Bericht gelangt zu nachstehenden Schlussfolgerungen.

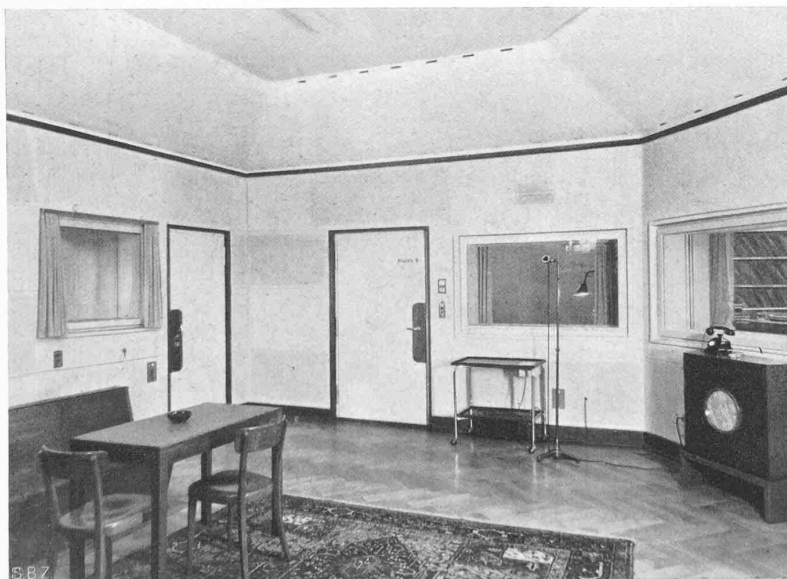


Abb. 13. Hörspiel-Studio (gegen den akustisch toten Raum gesehen)



Abb. 11. Neues grosses Konzert-Studio mit Kreuzekrost-Decke

(Photos Ed. Schucht, Zürich)

«*Schlussfolgerungen*: Die Kreuzekrostdecke über Studio I des Radioneubaues Zürich hat bei ihrer Ausrüstung am 12. Dezember 1938 und bei den Belastungsversuchen mit Einzellasten keine abnormal hohen Verformungen gezeigt. Die grösste Durchbiegung bei der Ausrüstung betrug 17,25 mm unmittelbar nach dem Auskeilen; mit 15 Stunden Zeiteinfluss erhöhte sie sich auf 20,46 mm, was etwa  $\frac{1}{800}$  der kürzeren Spannweite entspricht. Die zugehörigen grössten Betonspannungen ergeben 28 kg/cm<sup>2</sup> Druck und 27 kg/cm<sup>2</sup> Zug. — Bei der Belastungsprobe mit einer Einzellast von 1,72 t, bzw. 4,0 t wurden grösste Durchbiegungen von 0,47 mm bzw. 1,07 mm gemessen. Die entsprechenden Betonspannungen betragen 1,3, bzw. 3,1 kg/cm<sup>2</sup> Druck und 1,8 bzw. 4,4 kg/cm<sup>2</sup> Zug. — Die Decke hat sich besonders bei der Belastungsprobe als ein gegen Verformungen sehr widerstandsfähiges Gebilde erwiesen, das sich in seiner Art wie eine mit Rippen versehene Schalenkonstruktion verhält. Die Anstrengungen — Spannungszustand — sind gering.

Auf Grundlage dieser günstigen Messungsergebnisse — Verformung, Anstrengung — konnte die Kreuzekrostdecke für die weiteren Eindeckungsarbeiten freigegeben werden. — Die Kreuzekrostdecke hat sich als ein gegen Verformungen widerstandsfähiges, technisch interessantes Traggebilde und auch wirtschaftlich vorteilhaftes System erwiesen. — Entwurf und Ausführung waren sachgemäss. Der Neubau mit seiner Kreuzekrostdecke kann auch im baupolizeilichen Sinne vorbehaltlos vorerst für die weiteren Bauarbeiten und sodann für den öffentlichen Gebrauch freigegeben werden.» —

### III. Heizung und Lüftung: Klima-Anlage

Entworfen und erstellt von der VENTILATOR A.-G., Stäfa

Erstellt wurde eine ganz moderne und vollständige Anlage unter Verwertung aller bis heute auf dem Gebiete der Klimatisierung vorhandenen reichen Erfahrungen. Künstlich klimatisiert werden folgende Räume: Grosses Konzert-Studio, Mittleres Studio, Toter Raum, Hörspiel-Studio, Regie- und Plattenspielfraum, Abhörraum, Vorraum, Warteraum, Kontrollraum I, Kontrollraum II, Plattenaufnahme. Diese Räume haben ein Volumen von insgesamt 5920 m<sup>3</sup>.

Es wurden zwei getrennte Anlagen erstellt, die erste bedient ausschliesslich das grosse Konzert-Studio, während mit der zweiten Anlage alle übrigen Räume klimatisiert werden.

Mit den Klima-Anlagen werden die angeschlossenen Räume das ganze Jahr reichlich ventiliert, im Sommer gekühlt und im Winter geheizt. Irgendwelche zusätzliche Heizkörper in den Räumen sind nicht vorhanden. Die Luft wird in den Anlagen je nach Bedarf auch befeuchtet oder entfeuchtet. Heizung und Kühlung sind so bemessen, dass in allen Räumen folgende Temperaturen eingehalten werden, und zwar gleichviel, ob die Räume leer oder voll besetzt sind:

+ 19,5 °C bei + 12 bis  
— 20 °C im Freien  
+ 20,5 °C bei + 15 °C  
+ 21,5 °C bei + 18 °C  
+ 22,5 °C bei + 21 °C  
+ 23,5 °C bei + 24 °C  
+ 24,5 °C bei + 27 °C  
+ 25,5 °C bei + 30 °C im  
Freien (am Schatten).

Die Befeuchtung und Entfeuchtung der Luft ist so bemessen und reguliert, dass die Luft in den Räumen bei allen Temperaturen von + 19,5 bis + 25,5 °C eine rel. Sättigung von 55 % aufweist. Diese rel. Luftfeuchtigkeit von 55 % ist wichtig für die richtige Konservierung der Musikinstrumente mit Saiten. Der gleiche Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist auch erwünscht im Interesse der Behaglichkeit und der Hygiene. Durch die gewählte rel. Feuchtigkeit der Luft werden ideale Verhältnisse geschaffen.

Die eigentlichen Klimatisierungsapparate und die zugehörigen Luftfilter und Ventilatoren sind im Keller-Geschoss aufgestellt

(Grundriss Abb. 3). Durch zwei entsprechende Kanalsysteme für Frischluft und Abluft sind die verschiedenen Räume in zweckmässiger Weise mit den Apparaturen verbunden. Die Luftführung durch die Räume selbst ist so gewählt, dass unangenehme Zugserscheinungen nicht auftreten und dass Temperatur wie Luftfeuchtigkeit überall gleichmässig sind. Da in den Studios auch die geringsten Nebengeräusche stören und deshalb unerwünscht sind, wurde beim Bau der Anlagen grösste Aufmerksamkeit auf einen geräuschlosen Betrieb der Ventilatoren wie aller andern Apparate verwendet. Ausserdem ist das Kanalsystem so ausge-

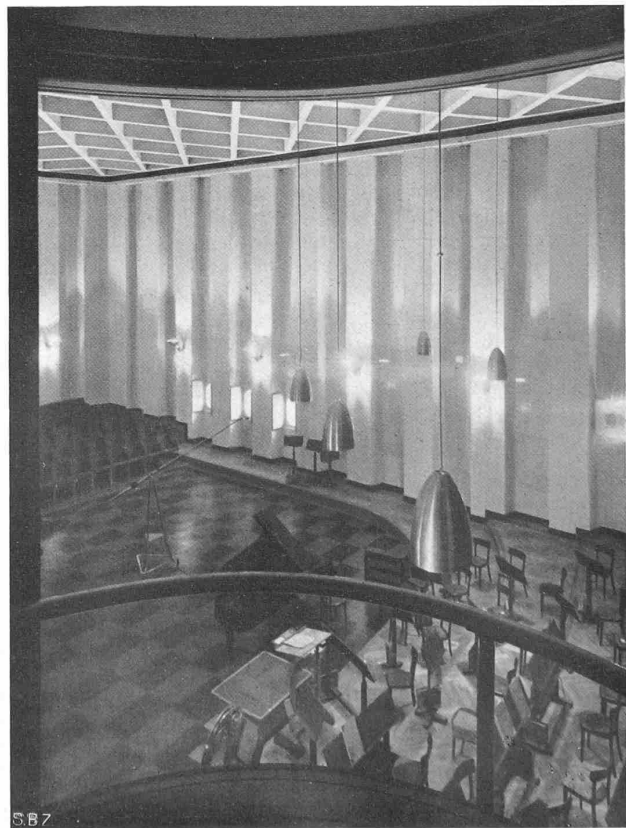


Abb. 12 Blick aus der Loge ins grosse Konzert-Studio

führt und mit besondern Schallfiltern versehen worden, dass auch von aussen absolut kein Geräusch durch die Luftkanäle in die Räume gelangen kann. Ebenso ist jede Geräuschübertragung von einem Raum zum andern unmöglich.

Die Klima-Anlagen stehen Sommer und Winter, Tag und Nacht ununterbrochen in Betrieb, damit die klimatischen Verhältnisse in den Räumen konstant innerhalb der gewünschten Grenzen bleiben. Eine Bedienung der Anlagen ist nicht erforderlich, da sie vollautomatisch arbeiten. Die Automatik ist so weit ausgebaut, dass nicht nur die Erwärmung, Kühlung, Befeuchtung und Entfeuchtung der Luft automatisch reguliert werden, sondern es werden weiter automatisch gesteuert:

Die Anpassung der Raumtemperatur an die jeweilige Aussentemperatur gemäss der vorstehenden Skala; die Menge der umgewälzten Luft je nach Bedarf und die Menge der den Räumen zugeführten Frischluft je nach Aussentemperatur und entsprechend der jeweiligen Besetzung der Räume. Diese weitgehende Automatisierung der Anlagen (Patent Nr. 179715) liegt im Interesse eines wirtschaftlichen Betriebes und der Betriebssicherheit. Die Regulierung arbeitet elektrisch und zwar mit Apparaten ausschliesslich schweizerischer Herkunft.

### Akustische Arbeiten im Radio-Studio Zürich

Von Dipl. Ing. W. FURRER, PTT, Bern

#### Raumakustik

1. Grösse der Räume. Das Raumvolumen eines Radio-Studios ist abhängig von seinem Verwendungszweck und von der Art und Grösse des Orchesters, das es beherbergen muß. Während bei der Projektierung eines Konzertsalles für seinen Rauminhalt in erster Linie die Anzahl der Zuhörerplätze oder andere wirtschaftliche Faktoren massgebend sind, kann bei einem Radio-Studio nach rein akustischen Gesichtspunkten vorgegangen werden. Allerdings ist es nicht so, dass beispielsweise für ein Konzertstudio eine genau definierte Funktion Raumvolumen - Anzahl Musiker vorläge. Es ist zwar möglich, auf Grund von energetischen Betrachtungen eine solche Beziehung abzuleiten; in der Praxis zeigt es sich aber glücklicherweise, dass selbst erhebliche Abweichungen vom theoretisch ermittelten Wert ohne Bedeutung sind. Als Faustregel können etwa die folgenden Werte gelten:

Anzahl Musiker	Raumvolumen
30	1000 m <sup>3</sup>
50	2000 m <sup>3</sup>
80	4000 m <sup>3</sup>
100	6000 m <sup>3</sup>

Im Neubau des Zürcher Radiohauses musste vor allem ein Raum für ein grosses Symphonieorchester, d. h. für 80 bis 90 Musiker geschaffen werden. Dies erfordert also ein Volumen von 4000 bis 5000 m<sup>3</sup>, sodass das neue grosse Studio (Studio 1) für einen Rauminhalt von etwa 4500 m<sup>3</sup> entworfen wurde. Daneben benötigte man noch ein kleineres Studio für Orchester von 20 bis 30 Mann, das zu 900 m<sup>3</sup> bestimmt wurde (Studio 3). Alle übrigen Studios des Neubaus sind für Hörspiele und Vorträge, also für nicht-musikalische Zwecke vorgesehen. Die Volumina solcher Räume werden ausschliesslich nach praktischen und regietechnischen Gesichtspunkten bestimmt, wobei lediglich darauf geachtet werden muss, dass sie nicht zu klein werden.

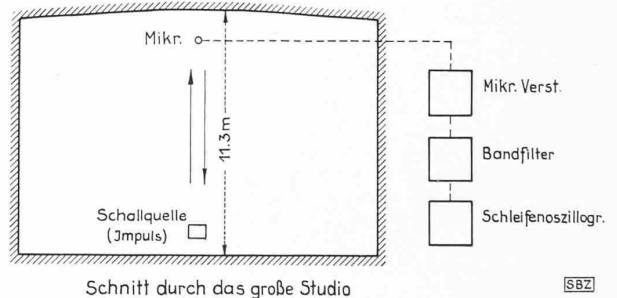
2. Form der Räume. Die einfachste Raumform ist das rechtwinklige Parallelepiped. Ein solcher Raum wird durch drei Paare paralleler Flächen begrenzt, die Anlass zu Flatterechos geben können. Es ist bekannt, dass Schall zwischen zwei parallelen Flächen unter Umständen viele Male hin und zurück geworfen werden kann («flattert»), bevor er unhörbar wird. Dieser Effekt kann natürlich sehr störend sein, und zwar umso störender, je grösser die Dimensionen des Raumes sind, da es eine bestimmte Weglänge braucht, um die Rückwürfe einzeln, d. h. als «Flattern» zu hören.

Bei parallelen Wänden lässt sich ein störendes Flatterecho beseitigen, indem mindestens eine der Flächen mit Schallschluckmaterial belegt wird. Dadurch wird jedoch gleichzeitig auch die Nachhallzeit des Raumes beeinflusst und so die endgültige Behandlung des Studios erschwert. Es ist deshalb vorteilhaft, den Raum so zu bauen, dass er möglichst wenig zueinander parallele Flächen aufweist. Dies ist z. B. der Fall mit einem trapezförmigen Grundriss und einer abgeschrägten Decke. Das neue grosse Zürcher Studio erhielt daher einen derartigen Grundriss. Aus konstruktiven Gründen wurde die Decke als «Kreuzrostdecke» ausgeführt. Diese Decke ist aber auch akustisch vorteilhaft, da sie massiv und schwer ist, sodass ihre Eigenschwingungen mit Sicherheit weit unterhalb des Hörbereiches liegen; auch hat sie infolge ihres grossen Gewichts eine gute Schalldämmung. Ferner ist sie wie ein Walmdach gewölbt, sodass



Abb. 16. Musik-(Platten-)Bibliothek mit Oberlicht

Flächen, die zum Fussboden parallel sind, vermieden sind. Trotzdem wurde kurz vor der Fertigstellung des innern Ausbaus des Raumes, als die Nachhallzeit sich ihrem endgültigen Werte näherte, ein äusserst störendes Flatterecho festgestellt. Es zeigte sich, dass dieser Effekt nur in der Nähe der Längsaxe des Raumes auftrat. Eine nähere Untersuchung ergab nun, dass der höchste Teil der Decke etwas abgeflacht und damit parallel zum Fussboden war (Abb. 6, S. 205). Mit Hilfe der in Abb. 17 dargestellten Methode war es möglich, das Flatterecho zu oszillographieren und damit einwandfrei zu beweisen, dass es sich wirklich um Reflexe zwischen Fussboden und Decke handelte. Die 24 mittleren Deckenfelder (rd. 60 m<sup>2</sup>) wurden mit einer 20 mm starken Spritzasbestschicht belegt, worauf das Flatterecho vollständig verschwand.



Schnitt durch das große Studio

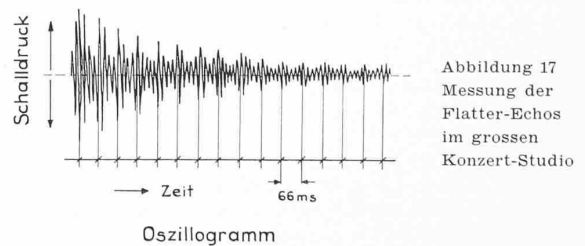


Abbildung 17  
Messung der  
Flutter-Echos  
im grossen  
Konzert-Studio

Dieses Beispiel zeigt deutlich, eine wie massgebende Rolle die Form bei grossen Räumen spielen kann und wie wichtig es ist, auf diese Dinge von Anfang an Rücksicht zu nehmen. Es geht ferner daraus hervor, dass, je einfacher die geometrischen Formen der einzelnen Raumteile sind, desto leichter und sicherer ihr akustisches Verhalten übersehen werden kann. Schon ein Gebilde wie eine Kreuzrostdecke kann zu Schwierigkeiten führen, die bei einfacheren Lösungen mit Sicherheit vermieden werden können. In den kürzlich fertiggestellten Radiohäusern in Basel und Genf wurden aus diesem Grunde ganz einfache, sägezahnförmige Decken gewählt, die sich ausgezeichnet bewähren.

In den kleineren Räumen ist die Flatterechogefahr weniger gross. Erstens sind die Laufzeiten kürzer und zweitens ist es leichter möglich, kritische parallele Flächen mit Schallschluckstoffen zu belegen, sodass rechteckigen Grundrissformen weniger Bedenken entgegenstehen. Das kleinere Orchesterstudio



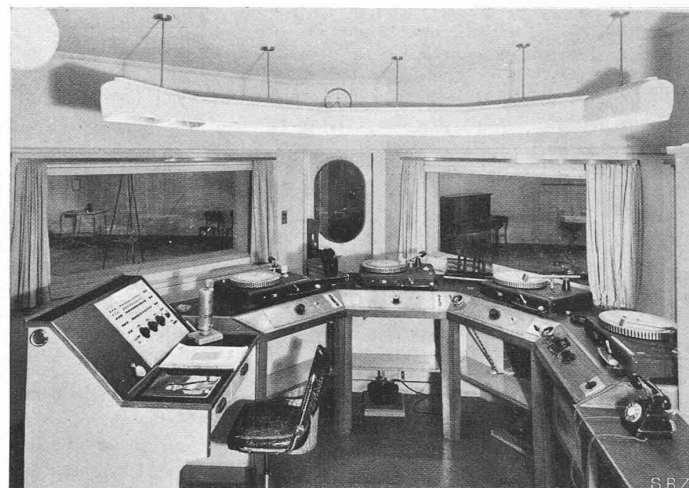
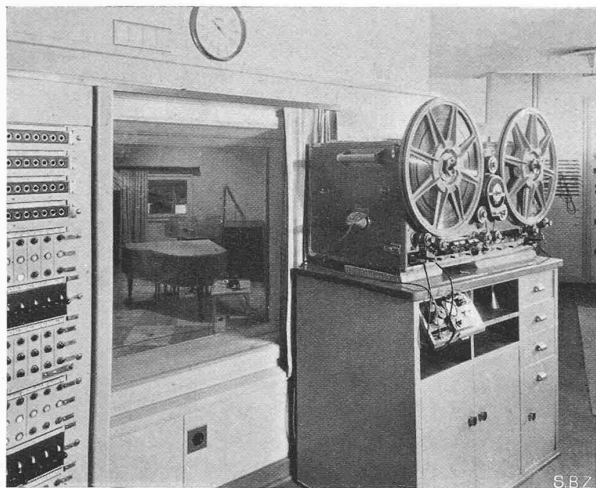


Abb. 15. Plattenaufnahme mit Stahlbandapparat

Abb. 14. Regie und Plattenspielraum

in Zürich weist deshalb zum grössten Teil parallele Wände auf, was allerdings bei der Verteilung der Schallschluckstoffe entsprechend berücksichtigt werden musste. Einzig die Decke wurde hier besonders konstruiert, um zum Boden parallele Flächen zu vermeiden (Abb. 6 u. 10).

3. **Nachhallzeit.** Unter der Nachhallzeit versteht man bekanntlich die Zeit, die vom Augenblick des Verstummens einer Schallquelle an verstreicht, bis die Schallenergie in dem betreffenden Raum auf den einmillionsten Teil ihres ursprünglichen Betrages abgeklungen und damit unhörbar geworden ist. Sie ist bei weitem das wichtigste Kennzeichen für die Charakterisierung der akustischen Eigenschaften eines Raumes. Die Nachhallzeit eines Raumes ist abhängig von der Absorption seiner Begrenzungsflächen; die Beziehung zwischen diesen beiden Grössen liefert die Sabine'sche Formel. Es ist also grundsätzlich möglich, die für die Erzielung einer bestimmten Nachhallzeit notwendigen Schallschluckstoffe rechnerisch zu bestimmen. Es stellt sich nun die Frage, wie gross für einen bestimmten Raum die Nachhallzeit in Funktion der Frequenz sein muss.

Diese Frage kann nicht ohne weiteres durch physikalische Ueberlegungen beantwortet werden; man muss sich hier die bestehenden Erfahrungen und die historische Entwicklung der Konzertsäle zunutze machen. Untersuchungen haben gezeigt<sup>1)</sup>, dass die Nachhallzeiten guter Konzertsäle sozusagen ausschliesslich durch die Absorptionseigenschaften des Publikums bestimmt sind, also eigentlich auf sehr natürlichem Wege zustande kommen. Ein Studio ist im Grunde genommen nichts anderes als ein Konzertsaal ohne Publikum, sodass die Aufgabe darin besteht, die akustischen Eigenschaften von Publikum künstlich nachzuahmen. Die Untersuchungen einer grossen Anzahl von Konzertsälen durch viele Autoren gestatteten, auf rein empirischem Wege zwischen Raumvolumen und günstigster Nachhallzeit eine Beziehung aufzustellen, die in der Abb. 18 dargestellt ist.<sup>2)</sup>

Weiter erhebt sich die Frage nach dem Frequenzgang der Nachhallzeit. Es hat sich bei den erwähnten Untersuchungen gezeigt, dass die Nachhallzeiten aller guten Konzertsäle bei den tiefen Frequenzen länger sind als bei den mittleren und hohen Frequenzen. Die Angaben der verschiedenen Autoren weichen in

diesem Punkte allerdings nicht unerheblich voneinander ab. In der Schweiz wurde bei allen in der letzten Zeit gebauten Radiohäusern für Musikstudios die folgende Beziehung benützt, mit der sehr gute Erfahrungen gemacht wurden:

Frequenz	Nachhallzeitfaktor
100 Hz	1,5
200 Hz	1,2
400 Hz	1,07
1000 Hz	1
5000 Hz	0,8 bis 0,9

Bei Vortrags- und Hörspielstudios liegen die Verhältnisse anders. Hier ist einzig und allein die optimale Verständlichkeit des gesprochenen Wortes massgebend. Ausgedehnte Versuche, besonders amerikanischer Forscher, haben gezeigt, dass zur Erreichung bester Verständlichkeiten wesentlich kürzere Nachhallzeiten erforderlich sind als für musikalische Darbietungen. Für Vortragsäle liegt die optimale Nachhallzeit etwa bei einer Sekunde, und zwar ziemlich unabhängig vom Volumen des Raumes. Diese gegenüber dem Freien noch relativ lange Nachhalldauer erklärt sich dadurch, dass bei grösserer Raumdämpfung die durch einen Sprecher erzeugte akustische Energie nicht mehr ausreicht, um eine genügende Lautstärke zu erzielen, sodass die Verständlichkeit aus diesem Grunde wieder geringer würde.

In einem Radiostudio, wo wir nicht ein Auditorium von vielen Personen mit Schall zu versorgen haben, sondern nur ein Mikrofon, das sich fast beliebig nahe beim Sprecher befinden kann, fällt diese Ueberlegung weg, sodass wir hier zu Nachhallzeiten von nur 0,4 bis 0,7 Sekunden kommen. Ebenso ist hier ein Ansteigen der Nachhallzeit bei den tiefen Frequenzen nicht nur nicht nötig, sondern direkt schädlich, da dadurch leicht der berüchtigte «Fasston» entstehen kann, der besonders bei älteren Studios so häufig beobachtet wird.

Die Nachhallzeit eines Vortrag- oder Hörspielstudios muss also wesentlich kleiner sein als die eines Orchesterstudios; ferner darf sie bei den tiefen Frequenzen nicht ansteigen. Die Abb. 19 gibt eine Uebersicht über die in den verschiedenen Räumen des Zürcher Radio-Hauses erzielten Nachhallzeiten. Besondere Erwähnung verdient noch das Studio 8, das so stark gedämpft

<sup>1)</sup> W. Furrer, Akustische Messungen in Konzertsälen. «Techn. Mittlg. der PTT-Verwaltung», 1937, Nr. 2.

<sup>2)</sup> F. R. Watson, «Architecture», May 1927.

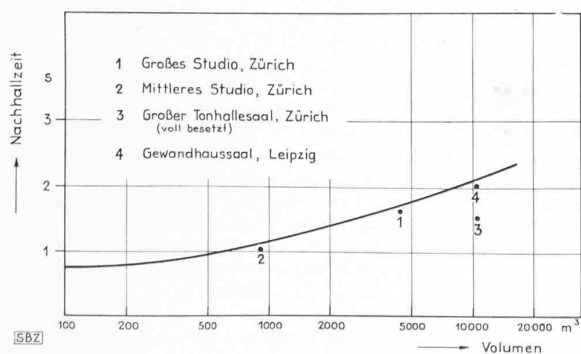


Abb. 18. Günstigste Nachhallzeiten für Konzertsäle

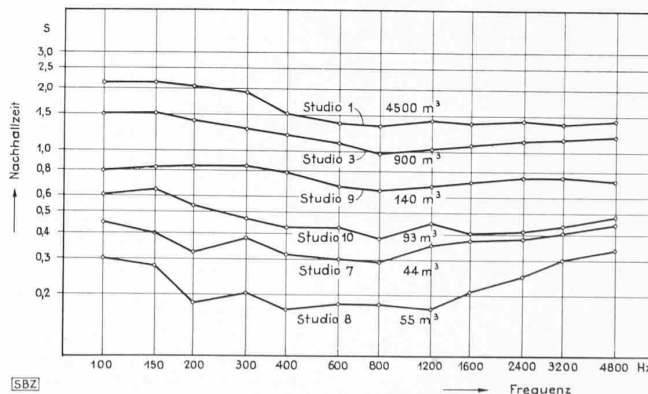


Abb. 19. Nachhallzeiten des neuen Zürcher Studio

wurde, als es mit vernünftigen Aufwand möglich war. Dieses Studio soll als akustisch toter Raum dienen, der die akustischen Verhältnisse, wie sie im Freien herrschen, nachahmt (vgl. Grundriss Abb. 4, sowie Abb. 22).

Die zuverlässige Messung von Nachhallzeiten ist nicht sehr einfach und erfordert einen erheblichen Aufwand an Messgeräten. Es wurde dazu die folgende Apparatur verwendet: Mit einem Schwabingssummer, der mit einem motorisch angetriebenen kleinen Zusatzkondensator versehen war, wird ein Heulton erzeugt ( $\pm 30$  Hz, 9 T/Min.). Dieser Heulton wird mit einem 20 Watt-Verstärker verstärkt und einem sehr guten Lautsprecher zugeführt, der in dem zu messenden Raume steht. Dort befindet sich auch ein Mikrophon, das den im Raum erzeugten Schalldruck aufnimmt und über einen Mikrophonverstärker ein registrierendes Messgerät (Pegelschnellschreiber) speist. Dieses Registriergerät hat eine logarithmische Skala mit einem Bereich von 50 db, sodass die Zeit, die vom Unterbrechen des Lautsprechers bis zum Verstummen des Heultones im Raume verstreicht, sehr genau bestimmt werden kann. Als Messfrequenzen werden verwendet: 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2400, 3200 und 4800 Hz. Bei jeder Frequenz wurde an fünf verschiedenen Stellen des Raumes gemessen, sodass also für eine vollständige Nachhallzeit-Frequenzkurve 60 Messungen nötig sind. Auf diese Weise wurden während des Baues und während der Abnahmemessungen im Studio Zürich über 1500 Nachhallmessungen ausgeführt.

4. Schallschluckstoffe. Bekanntlich gibt es zwei Arten von Schallschluckstoffen, die sich in ihrer Wirkungsweise grundsätzlich voneinander unterscheiden: die schwingungsfähigen und die porösen Absorptionsmaterialien. Es wurde schon früher ausführlich darüber berichtet<sup>3)</sup>, sodass wir hier nicht mehr auf die grundlegenden Eigenschaften zurückkommen müssen. In jener Arbeit finden sich auch Absorptionskurven von verschiedenen Materialien, die beim Bau des neuen Zürcher Studios verwendet worden sind.

Bei der Wahl der Materialien wurde in erster Linie danach getrachtet, mit einer möglichst geringen Anzahl von Stoffen auszukommen. Es ist durchaus möglich, sich auf nur zwei verschiedene Materialien zu beschränken. Als poröser Schallschluckstoff wurde hier erstmals Glaswolle in grösserem Umfang verwendet, im Gegensatz zu der schon seit einiger Zeit viel gebrauchten Glasseide. Diese beiden Materialien haben die wichtigen Eigenschaften, dass sie gegen Feuchtigkeit, Feuer und Insekten vollständig unempfindlich sind; ferner sind sie billig und leicht zu verlegen. Die Abb. 20 lässt erkennen, dass eine Glaswollschicht mit einem Gewicht von  $2 \text{ kg/m}^2$  praktisch gleich gut absorbiert wie eine Glasseideschicht von  $3 \text{ kg/m}^2$ . Da der Preis dem Gewicht ungefähr proportional ist, liegt der Vorteil, den die Glaswolle bietet, auf der Hand. Beide Materialien werden in matratzenähnlichen Matten geliefert, die auf Jute gesteppt sind. Infolge der gekräuselten Fasern halten die Glaswolleplatten bedeutend besser zusammen als die Glasseidematten mit den geraden Fasern, was ein sauberes Verlegen wesentlich erleichtert.

Natürlich müssen diese Matten gegen den Raum hin irgendwie abgedeckt werden. Das kann mit einem porösen Stoff geschehen, besser aber mit perforierten Platten. Es gelang erst nach langem Suchen, eine geeignete Platte zu finden.

<sup>3)</sup> W. Furrer, Schallschluckstoffe, «SBZ» Bd. 111, S. 216\* (23. April 1938).

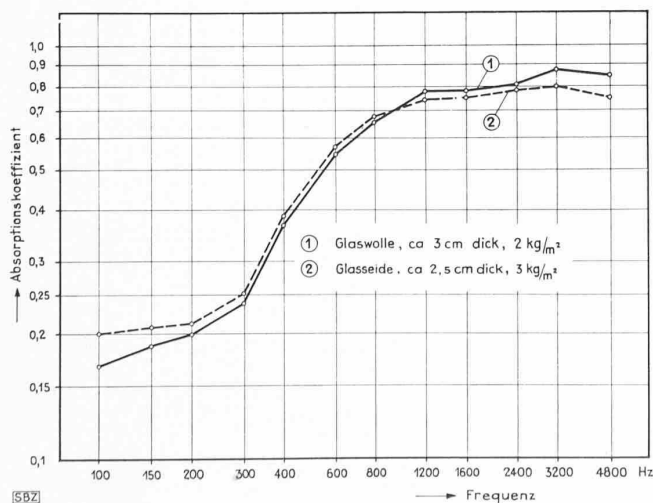


Abb. 20. Absorptionskoeffizienten von Glaswolle und Glasseide

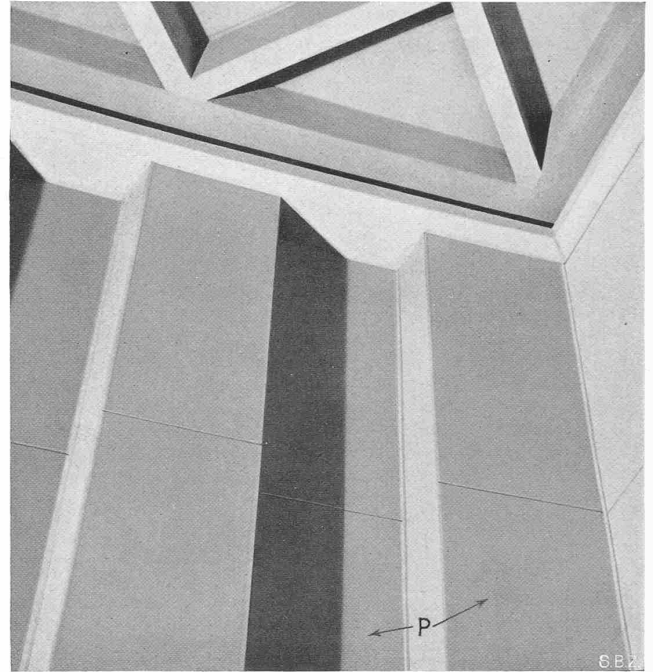


Abb. 21. Perforierte Pavatex-Wandplatten (P) im grossen Studio

Gelochte Bleche schieden infolge ihres hohen Preises aus; ebenso schien es nicht möglich, dünnes Sperrholz sauber zu lochen. Schliesslich wurde eine sehr befriedigende Lösung in Form von perforierten «Pavatex»-Hartplatten (3,5 mm) gefunden. Eine Abdeckung mit perforierten Platten bietet gegenüber einem porösen Stoff den Vorteil, dass die Oberfläche der Platten mit einer beliebigen Farbe, auch Oelfarbe, gestrichen werden kann, was selbstverständlich dem Architekten in der Raumgestaltung die denkbar grösste Freiheit lässt. Auf den Abb. 21 und 22 sind derartige perforierte Platten erkennbar. Für die Absorption der tiefen Frequenzen wurde ausschliesslich schwingungsfähig verlegtes Sperrholz von 8 bis 10 mm Stärke verwendet, hinter dem sich ein Luftraum von etwa 7 cm befindet. Dies ergibt eine Resonanzfrequenz von ungefähr 100 Hz. Um die Schluckfähigkeit zu erhöhen, wurde der Luftraum noch durch Glaswolle gedämpft.

Neben der Glaswolle wurden noch einige andere poröse Schallschluckstoffe verwendet, so z. B. Spritzasbest, der, wie erwähnt, zur Beseitigung des Flatterechos im grossen Studio diente und mit dem auch die Decke der grossen Warthalle belegt wurde, um dort eine wirksame Raumgeräuschkämpfung zu erzielen. Dieses Material ist akustisch vorzüglich; nachteilig ist einzig seine leichte Verletzbarkeit, sodass damit praktisch nur Decken belegt werden können. In den Verstärker- und Regieräumen wurden die Decken mit «Akustik-Perfecta»-Platten belegt. Auch mit diesem Material wurden akustisch gute Erfahrungen gemacht; jedoch konnte das Aussehen dieser Platten nicht befriedigen, da in diesen niedrigen Räumen die unregelmässige Struktur des Materials unschön wirkte. Dieser Nachteil wurde dann dadurch beseitigt, dass die Platten mit einer dünnen Schicht Spritzasbest belegt oder mit perforierten Platten abgedeckt wurden, wobei allerdings der Vorteil der Billigkeit verloren ging.

Bei der Verteilung der Schallschluckstoffe in den Räumen wurde der Grundsatz befolgt, die porösen und die schwingungsfähigen Absorptionsflächen möglichst gut zu mischen. Ferner wurde in den Musikstudios darauf geachtet, die unmittelbar beim Orchester liegenden Wände hart, d. h. reflektierend auszuführen. Die gegenüberliegende Wand wurde dann jeweils, um Echos zu vermeiden, vollständig mit porösem Material belegt. Diese beiden Massnahmen sind also eine notwendige Abweichung vom erwähnten Grundsatz der vollständigen Mischung der Schallschluckstoffe. An den übrigen Wandteilen wurden die Dämpfungsmaterialien entweder in senkrechte Streifen (Abb. 21) oder in Form eines Schachbrettes (Abb. 22) unterteilt. Ein akustischer Unterschied zwischen diesen beiden Arten der Verteilung konnte nicht festgestellt werden.

5. Gang der Arbeiten. Es ist bereits erwähnt worden, dass es möglich sei, mit Hilfe der Sabine'schen Formel die für die Erzielung einer bestimmten Nachhallzeit notwendige





Abb. 22. Akustisch toter Raum mit perforierten Papatexplatten P

Absorption rechnerisch zu bestimmen. Dazu ist es selbstverständlich nötig, die Absorptions-Koeffizienten der verwendeten Schallschluckstoffe möglichst genau zu kennen. Es war daher notwendig, im Laboratorium zahlreiche Messungen auszuführen; sämtliche Materialien, die in Frage kamen, sind im Hallraum gemessen worden.

Leider genügt dies allein nicht, um die ganze Behandlung der Räume nun festlegen zu können. Der Grund liegt darin, dass die berühmte Sabine'sche Formel in Wirklichkeit nur eine Art Faustregel darstellt und lediglich sehr ungenaue Ergebnisse liefert. Es rührt dies davon her, dass der Vorgang des Nachhallens so kompliziert ist, dass er mathematisch nicht vollkommen erfasst werden kann, sodass alle Theorien, die von Sabine und auch später entwickelt worden sind, auf Grund sehr einschneidender Vereinfachungen aufgebaut werden müssen, wodurch naturgemäss ihre Genauigkeit sehr stark leidet.

Um Fehlschläge und nachträgliche Aenderungen auszuschliessen, wurden die wichtigsten Räume etappenweise ausgekleidet und jeder Bauzustand wurde durch zahlreiche Nachhallmessungen kontrolliert, wonach jeweils die weiteren Massnahmen bestimmt wurden. Die Abb. 23 gibt eine Uebersicht über diese Arbeiten im grossen Studio. Es ist daraus z. B. ersichtlich, wie das schwingungsfähige Sperrholz die Nachhallzeit bei den tiefen Frequenzen nach Wunsch verkürzte, dass sie aber gleichzeitig bei den hohen Frequenzen anstieg, was darauf zurückzuführen ist, dass das Sperrholz bei diesen Frequenzen weniger absorbiert als die unbedeckten Wände. Ferner lässt sich der Einfluss eines Orchesters von 50 Mann erkennen, wobei zu be-

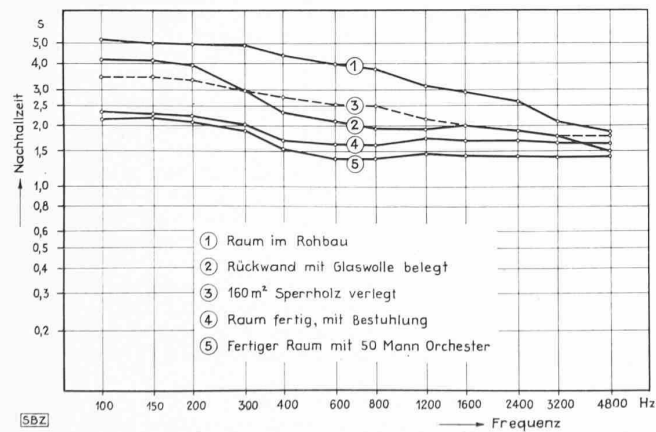


Abb. 23. Gemessene Nachhallzeiten des grossen Studio

merken ist, dass nicht nur die 50 Mann an sich, sondern auch deren Instrumente berücksichtigt werden müssen, da ja alle abgestimmten Musikinstrumente auch «passiv» akustisch wirksam sind. Alle diese Effekte lassen sich nur sehr ungenau berechnen, sodass die ständige Ueberwachung während des Fortschreitens des Ausbaus unbedingt nötig ist.

Schalldämmung

Für den reibungslosen Betrieb eines Radio-Hauses sind einwandfreie Schallisolationen zwischen den einzelnen Räumen unbedingtes Erfordernis. Die Anforderungen in dieser Beziehung sind so gross, dass schon bei der ersten Planung des Gebäudes darauf sehr weitgehend Rücksicht genommen werden muss. Primäres Erfordernis ist einmal, dass Räume, in denen die normalerweise erzeugten Lautstärken sehr verschieden sind, nicht dicht nebeneinander liegen dürfen; so darf z. B. ein kleines Vortragstudio nicht direkt an das grosse Orchesterstudio stossen. Ferner muss dafür gesorgt werden, dass Senderäume, die betriebstechnisch nicht zusammengehören, wie z. B. Musik- und Hörspielstudios, durch einen Gang oder einen technischen Raum voneinander getrennt sind.

Dazu gesellen sich die verschiedenen bautechnischen Isoliermassnahmen, wie Trennung der Mauern bis auf die Fundamente, Zwischenlagen von Korkplatten oder Bleifolien zur Dämmung der Körperschall-Leitung und dann vor allem genügend schwere Mauern zur Dämmung des Luftschalls. Die konsequente Anwendung dieser Grundsätze führt dazu, dass jedes Studio wie eine vollständige «Kiste» innerhalb des eigentlichen Hauses gebaut wird, wobei alle diese Kisten unter Zwischenschaltung einer Körperschallisolation gelagert werden. Aus den Grundrissen und Schnitten Abb. 3 bis 8 (S. 204/5) ist ersichtlich, dass diese Grundsätze hier vollkommen durchgeführt worden sind.

Es ist sehr wichtig, dass die innern Wände und ganz besonders auch die innern Decken genügend schwer sind, da sie mit dem anstossenden Luftraum einen schwingungsfähigen Schallschluckstoff bilden, dessen Resonanzfrequenz so tief als möglich liegen muss, um nicht die Nachhallzeit im untern Frequenzgebiet zu beeinflussen. So sind z. B. aufgehängte Gipsdecken im allgemeinen für Musikstudios ungeeignet; ebenso kann die sog. Schwebebauweise nur für Vortrag- und Hörspielstudios angewendet werden, da hier die Nachhallzeit bei den tiefen Frequenzen ohnehin möglichst kurz sein muss. Die innern Decken von Orchesterstudios müssen also selbsttragend ausgebildet werden. Dies ist der Grund, weshalb das grosse Studio die schon mehrfach erwähnte Kreuzrostdecke erhielt.

Ein besonderes Kapitel bilden die schalldichten Türen. Wenn eine Voll-Türe die gleiche Schalldämmung wie die Wand, in die sie eingebaut ist, aufweisen soll, muss sie gleich schwer sein. Da dies gewöhnlich unmöglich ist, müssen die Türen immer mehrschalig ausgeführt werden, was konstruktiv schwierig ist, sodass nur Spezialfirmen mit grosser Erfahrung imstande sind, solche Türen zu bauen. Trotzdem ergibt auch die beste, mit vernünftigem Aufwand gebaute Türe keine höhern Dämmwerte als 40 bis 45 db, was ungefähr der Schalldämmung einer verputzten 1/4 Stein-Vollziegelwand entspricht.

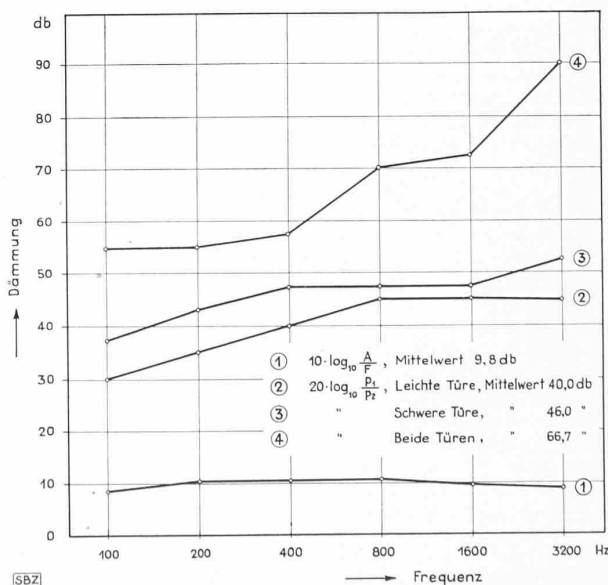


Abb. 24. Schalldämmung einer Studio-Doppeltüre

Da in vielen Fällen wesentlich höhere Werte erforderlich sind, müssen Doppeltüren verwendet werden. In der Abb. 24 sind die an einer Doppeltüre im Studio Zürich gemessenen Dämmwerte dargestellt. Zum bessern Verständnis der Kurven sei daran erinnert, dass die Schalldämmung I wie folgt definiert ist:

$$I = 20 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} - 10 \log_{10} \frac{A_2}{F} \text{ db}$$

Dabei bedeuten:  $P_1$  Schalldruck vor der Türe;  $P_2$  Schalldruck im Raum hinter der Türe (Mitte des Raumes);  $A_2$  totale Absorptionsfläche des Raumes hinter der Türe ( $m^2$ ) und  $F$  Fläche der Türe ( $m^2$ ). Diese Definition legt auch das Messverfahren fest, sodass darüber keine weiteren Erläuterungen mehr nötig sind. Die Kontrollfenster zwischen den Studios und den Regieräumen sind durchwegs mit dreifacher Verglasung ausgeführt worden, wobei die Stärke jeder Scheibe 8 mm und die dazwischen liegenden Lufträume 10 cm betragen. Die Schalldämmung eines solchen Fensters beträgt ungefähr 50 db (Konstruktions-Einzelheiten vgl. «SBZ» Bd. 104, S. 40\*).

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass auch die Luftkonditionierungsanlage, deren Kanäle ja das ganze Haus durchziehen, in akustischer Beziehung besonders behandelt werden muss. Einmal dürfen diese Kanäle die Schallisolation zwischen den Studios nicht merkbar verschlechtern und dann muss vor allem auch das Eigengeräusch der Anlage selbst sehr klein sein. Diese beiden Anforderungen sind bei der Zürcher Anlage erfüllt. Es war nicht möglich, durch die Klimaanlage bewirkte Schallübertragungen nachzuweisen, und das Eigengeräusch der Anlage betrug mit einer einzigen Ausnahme durchwegs 10 bis 12 Phon, ein Wert, der kaum noch hörbar ist. In den wichtigsten Studios kann überhaupt mit dem Ohr nicht festgestellt werden, ob die Ventilatoren laufen oder nicht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass beim Bau des neuen Hauses von Radio-Zürich alle technisch-wissenschaftlichen Errungenschaften der letzten Jahre berücksichtigt wurden. Das Haus hat bereits seine ersten Betriebsmonate hinter sich, die bewiesen haben, dass alle Erwartungen erfüllt sind. Besonders vermerkt wurde das Radio-Orchester, das im neuen grossen Studio ganz wesentlich schöner klingt, als es im alten der Fall war, wie zahlreiche spontane Aeusserungen aus Hörerkreisen erkennen lassen. Dies ist der Beweis, dass alle Ueberlegungen und Anordnungen, die auf die Akustik Bezug hatten, richtig waren und dass die Technik in den paar Jahren, die seit dem Bau des alten Hauses (1931) vergangen sind, wirklich Fortschritte gemacht hat.

## Neue bodenmechanische Forschungen

1. *Bemerkungen über neuere Erddruckuntersuchungen.* Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Ing. e. h. A. Hertwig, Berlin.<sup>1)</sup>

In dieser, durch die neue Erddrucktheorie Terzaghis angeregten Studie sucht Hertwig dem Problem der Erddruckverteilung durch die Berechnung des Druckes einer Schicht starrer Platten auf eine stützende Wand näherzukommen. Die vom Verfasser gegebenen Lösungen zeigen, dass die Verteilung des Druckes in entscheidendem Masse von der Neigung der Platten gegen die Waagrechte abhängt. Verlaufen in einem ersten Fall die Begrenzungsflächen der Platten parallel zur Gleitfläche, so stimmt der Wanddruck in Grösse und Verteilung mit der klassischen Erddrucktheorie überein, wenn man den Winkel  $\varphi$  der Gleitfläche gegen die Horizontale aus der Bedingung bestimmt, dass  $E$  ein Maximum wird. Liegen im zweiten Fall die Platten parallel der Bodenoberfläche, so entsteht die verschiedenste Verteilung des Erddruckes über der Stützwand, je nach der Neigung der Oberfläche und nach der Annahme betreffend die Verteilung des vertikalen Druckes über die Breite der Platte. Im allgemeinen nimmt hier der spez. Erddruck vom Fuss zum Kopf der Wand zu, im Gegensatz zur Coulomb'schen Theorie. Liegt schliesslich im dritten Fall der Neigungswinkel der Platte zwischen jenem der Oberfläche und dem der Gleitfläche, so entspricht die Verteilung des Druckes nach Hertwig im oberen Teil der Wand dem ersten Fall (übereinstimmend mit Coulomb), im unteren Teil dem zweiten Fall (abweichend von Coulomb). Der Verfasser gelangt auf Grund seiner mathematisch elegant angelegten Analyse, sowie unter Bezugnahme auf die Anregung von Terzaghi zum Schluss, dass neben der Coulomb'schen Theorie des Erddruckes auf Stützmauern die Untersuchung des Wanddruckes, erzeugt durch geschichtete Platten, bei nicht homogenem Boden eine Ergänzung für die Berechnung der Stützmauern liefert.

<sup>1)</sup> Veröffentlichung des Institutes der deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (Degebo) an der Techn. Hochschule Berlin. Heft 7, 53 Seiten. Preis RM 11,20.

In diesem Zusammenhang darf jedoch nicht übersehen werden, dass zwischen den Untersuchungen Terzaghis und denen Hertwigs trotz der äusserlichen Aehnlichkeit ein grundsätzlicher Unterschied in folgendem besteht: Während die neue Erddrucktheorie von Terzaghi von bodenphysikalischen Gesichtspunkten ausgeht, indem sie den Einfluß der Plastizität des Materials und die Art der Nachgiebigkeit der Stützwand auf die Verteilung des Erddruckes zu erfassen sucht, behandelt Hertwig in umfassender Weise das Problem des Seitendruckes geschichteter, starrer Platten, unabhängig von der Natur des Materials, und versucht dann in den Schlussfolgerungen eine bodenphysikalische Deutung der Resultate zu geben.

2. *Modellversuche über das Zusammenwirken von Mantelreibung, Spitzenwiderstand und Tragfähigkeit von Pfählen.* Von Dipl. Ing. Rudolf Müller, Berlin.

Durch Mitteilung der Resultate einer Reihe systematischer Modellversuche, die hauptsächlich die Beantwortung der immer wieder auftauchenden Frage nach den Anteilen von Mantel und Spitze an der Gesamtbelastung von Pfählen zum Ziele hat, liefert der Verfasser einen aufschlussreichen Beitrag zum Pfahlproblem. Die Vorteile von Laboratoriumsversuchen, die gegenüber Grossversuchen in der Natur darin bestehen, daß man unter bewusster Einschränkung der Anzahl veränderlicher Faktoren diese überblicken und regulieren kann, kommen auch hier deutlich zur Geltung. Als wichtiges Glied eines umfassenden Untersuchungsprogramms zeigen elementare Modellversuche gerade bei komplexen Zusammenhängen wohl am raschesten, worauf es ankommt.

Die vom Verfasser beschriebene Versuchsanordnung bestand aus einem homogenen, mit Sand gefüllten Blechbehälter von  $0,78 m^3$  Inhalt, einer Reihe von Rammpfählen von verschiedenen Schlankheitsgraden, wobei jeweils Spitze und Material getrennt belastet werden konnten, einer Ramm- und einer Belastungsvorrichtung für Druck- und Zugversuche. Als massgebende Bezugsgrösse wurde die Grenztragfähigkeit des gesamten Pfahles (Mantel + Spitze) benützt, dies ist die Last, bei der der Pfahl fortdauernd einsank. Unter den Ergebnissen wurden die Verteilung der Grenztragfähigkeit des gesamten Pfahles auf Mantel und Spitze, die die überwiegende Wirkung des Mantels erkennen lässt, der Widerstand des Mantels gegen Zug und Druck und die Abhängigkeit der Grenztragfähigkeit von Boden und Pfahl gesondert behandelt. Die weitere Auswertung führt den Verfasser zu einer Abänderung der Dörr'schen Formel auf Grund der durch die Modellversuche gewonnenen Erkenntnisse. Bei dieser Korrektur handelt es sich einerseits um eine erhöhte Berücksichtigung des Einflusses der Lagerungsdichte, bzw. des Raumgewichtes des Bodens, andererseits um die Einführung des durch die Versuche als annähernd konstant erwiesenen Verhältnisses zwischen Spitzen- und Mantelwiderstand. Der Aufsatz schliesst mit einer inhaltreichen und übersichtlichen Zusammenfassung.

3. *Ueber die Scherfestigkeit bindiger Bodenarten.* Von Dipl. Ing. Hamdi Peymirioglu, Istanbul.

Unter Benutzung neuer Versuchsmethoden, insbesondere des Quetschversuchs von Jürgenson, analysiert der Verfasser die Scherfestigkeit bindiger Bodenarten, wobei es sich vor allem um die Frage der Aufteilung des Scherwiderstandes in Reibungs- und Kohäsionsanteil handelt. Zunächst werden die bisher bekannt gewordenen drei Bruchbedingungen dargestellt und die Ergebnisse von Scherversuchen mit einheitlichem Material nach diesen verschiedenen Bedingungen ausgewertet. Dann wurden durch Stempel Ausquetschversuche an vorbelasteten prismatischen Bodenproben Gleitflächenscharen erzeugt, wobei gewisse bekannte Beziehungen erlauben, den Winkel der inneren Reibung, bzw. sein Komplement zu  $\pi/2$ , direkt zu messen. Auf Grund dieser Versuche gelangt der Verfasser zu einer von der neueren Auffassung etwas abweichenden Aufteilung des Scherwiderstandes in Reibungs- und Kohäsionsanteil, indem er nachweist, dass der Winkel der inneren Reibung des Materials keine Konstante, sondern vom Verdichtungsgrad des Materials abhängig ist. Dementsprechend würde auch der Kohäsionsanteil seine Proportionalität mit dem äquivalenten Verdichtungsdruck einbüßen. Diese Resultate verdienen eine sorgfältige Nachprüfung, wobei es sich empfiehlt, die Scherversuche mit dem Ringscherapparat durchzuführen, der gewisse Mängel der vom Verfasser benutzten älteren Apparatur vermeidet. Bei den Ausquetschversuchen wäre ferner der Einfluss der Anisotropie des Materials auf den Winkel der inneren Reibung näher zu untersuchen.

Das vorliegende Heft bietet dem, der sich für die Erdbau-mechanik näher interessiert, mannigfaltige Anregung.

R. Haefeli.