

Akustisch hochwertige Parabelsäle

Autor(en): **Osswald, F.M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95/96 (1930)**

Heft 4

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-43936>

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: Akustisch hochwertige Parabelsäle. — Festigkeitsuntersuchung im Luftfahrzeugbau. — Vorschläge für die Beurteilung von Flach- und Pfahlgründungen. „Hinter dem Bauzaun.“ — Mitteilungen: Schräge Druckluft-Absenkung. Die Dreirosenbrücke in Basel. Güterwagen mit aufklappbarem Dach. Friesenberg-Schulhaus

in Zürich. Bildtelegraphie Berlin-London. Die Kraftwagenlinien in Zürich. Das Freiluft-Schwimmbad in Interlaken. Schweiz. Werkbund. — Wettbewerbe: Neubau des „Crédit foncier vaudois“ in Lausanne. Bebauungsplan in Murten. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 95

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. 4

Akustisch hochwertige Parabelsäle.

Von Ing. F. M. OSSWALD, Winterthur, Privatdozent an der E. T. H.

Anlässlich der letzten G. E. P.-Generalversammlung in Paris hatte eine grössere Zahl von Fachgenossen Gelegenheit, die Salle Pleyel im neuen Gewande zu besichtigen und dem unterhaltenden Vortrag des Direktors der Pleyel-Unternehmung, M. Gustave Lyon, zuzuhören.

Dieser durch Formgebung und Grösse aussergewöhnliche Konzertsaal wurde 1927 nach M. Lyon's Angaben gebaut mit der Absicht, einen akustisch höchstwertigen Saal grossen Formates zu schaffen.¹⁾ Der Hauptgedanke dabei war, das Orchesterpodium in die Brennzonen eines riesig geschweiften Saaltrichters zu legen, damit die Schallwirkung in günstiger und durch Rückwürfe verstärkter Weise nach den einzelnen Platzkategorien im Parterre und auf den Balkonen fliesse.

In der Tat, der Saal ist so ungewöhnlich und er wurde in der gesamten Presse derart ausgiebig kommentiert,

dass die damit erreichten Resultate von grösstem Interesse für den Architekten und besonders für den Akustiker sein mussten. Wir hatten schon vor Baubeginn, Mitte 1926, Gelegenheit gehabt, mit M. Lyon die akustischen Phänomene dieses Projektes zu diskutieren, hatten auch bei der Besprechung von Le Corbusier's verwandtem Völkerbundsaal-Projekt gewisse Bedenken ausgesprochen und auf die Gefahren grosser gekrümmter, mit reellen Brennzonen behafteter Saalbegrenzungsflä-

chen hingewiesen („S. B. Z.“ Band 90, 9. Juli 1927, S. 13*, und 30. Juli 1929, S. 62 bis 64*). Die bei der Salle Pleyel gemachten Erfahrungen haben unsere Vorhersage bestätigt.

Der Grundriss der Salle Pleyel (Abb. 1), keilförmig, bietet nichts Abnormales, höchstens, dass das Musikerpodium sehr breit, etwa 21 m, über die ganze Saalbreite angeordnet ist. Der Querschnitt, trapezoidal, mit leichten Profilkrümmungen der Seitenwände, ist vorteilhaft, da die Neigung der Seiten ein dauerndes Hin- und Herpendeln von Quer-Echos verhindert und die Schallwellenzüge nach den dicht besetzten Zuhörerflächen herabzwingt. Das Hauptinteresse gilt dem Längsschnitt des Saales, für dessen Konzeption M. Lyon folgende Begründung gab: Das Orchester ist in die Gegend von drei Brennzonen der Deckenkrümmung gelegt (Abb. 2), sodass jedes der drei Parabelstücke von 7 m Höhe einen gewissen Teil des Auditoriums mit einmal reflektiertem Schall bestreicht; die Stücke „A“ und „B“ dienen dem Parterre und dem ersten Balkon, das oberste „C“ den Balkonen und dem hintern Parterre. Die Balkone sind wenig tief, mit gutem Anstieg und besonders der obere Balkon mit sehr reichlichem Schalldurchströmquerschnitt.

Das hintere Parkett unter dem Balkon zeigt akustisch knappen Durchgangsquerschnitt, umso mehr, als der schlanke

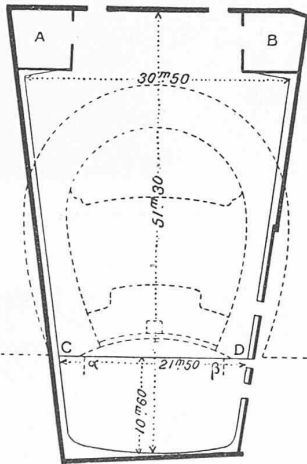


Abb. 1. Die Salle Pleyel in Paris. Grundriss. — Masstab 1 : 800. A, B Treppen u. Aufzüge, C-D Rampe. (Einpunktiert Grosse Oper in Paris.)

¹⁾ Siehe Beschreibung in „S. B. Z.“ Band 90, Seite 178* (1. Oktober 1927).

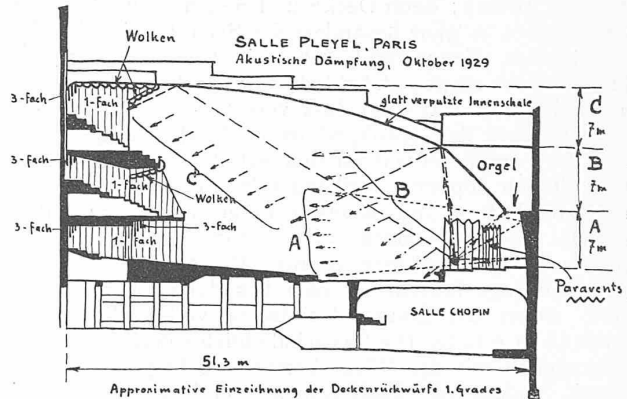


Abb. 2. Längsschnitt mit den Rückwurfzonen A, B und C. — 1 : 750.

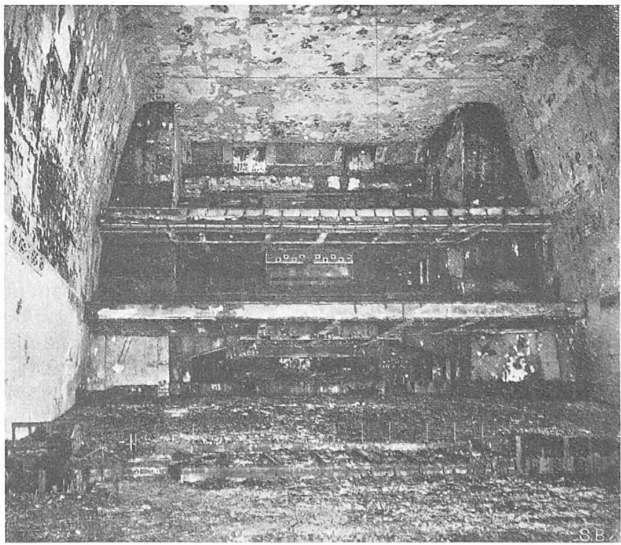
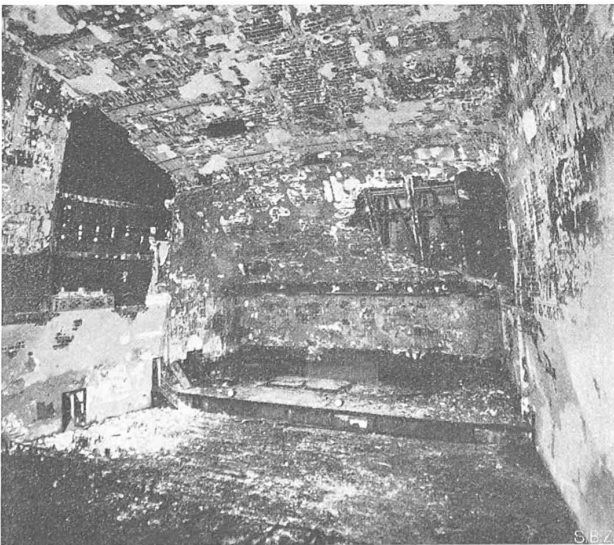


Abb. 6 und 7. Die Salle Pleyel nach dem Brande vom 19. Juli 1928, links gegen Podium, rechts gegen die Galerien.

Schallkegel hier nahe der hochabsorbierenden Parterre-Auditoriumsfläche entlang streichen muss. Alle Wände bestehen aus hochreflektierender dünner Backsteinschale, an der Beton-Tragkonstruktion aufgehängt und glatt verputzt. Die geometrische Verfolgung der einmal reflektierten Schall-„Strahlen“ vermeidet sorgfältig Schall-Umweglängen von mehr als 22 m gegenüber den direkten zugehörigen Schallbündeln. Diese 22 m entsprechen einer Schall-Laufzeit von etwa $\frac{1}{16}$ Sekunde, dem Echowahrnehmungsintervall des menschlichen Ohres. Besondere Dämpfung war nicht vorgesehen.

Ein solcher Parabel-Längenschnitt mit starken Balkon-Anstiegen führt hier zu grosser Höhe der Hinterwand, folglich zu verhältnismässig grossem Saal-Innenvolumen. Durch den Verzicht auf seitlich vorgezogene Balkone ist die Menschen-Fassungsmöglichkeit des Saales nicht stark ausgenützt. Alle Sitze sind frontal nach dem Musikpodium gerichtet und haben vorzügliche Sicht, alle Stuhlreihen sind gerade. Es besteht also keine gesellschaftliche Konfrontation, wie wir dies im üblichen Hufeisentyp des mehrrängigen Theaters verwirklicht sehen; jeder Zuhörer ist daher für sich allein mit dem Podium beschäftigt, ein mit Bezug auf den Musikgenuss sehr beachtenswertes puritanisches Moment, ohne Ablenkung der Aufmerksamkeit durch Nachbarschaft oder Gegenüber. Heute hat der Saal auch keine der frühern Wandmalereien mehr.

Ursprünglich war, wie bereits bemerkt, beachtet, den Saal ohne jede akustische Spezialdämpfung zu lassen, d. h. dass nur die reiche Sitzpolsterung und die Zuhörer die akustische Dämpfung bewirken sollten; denn Decke und Seitenwände des Saales sollten ja ganz besonders der Schallflüssigkeit des Raumes dienen und daher hochreflektierend bleiben. Doch zeigte sich bald, dass die Nachhalldauer zu wenig kurz war und dass verschleppte Schallrückkehr nach dem Musikpodium (Abb. 3) gelangte.

Es wurden hierauf an den auf Abb. 4 und 5 bezeichneten Stellen doppelte, freihängende Molleton-Stoffgehänge mit Luft-Hinter- und Zwischenraum angebracht, deren Ausmass allerdings noch nicht genügend schalldämpfend und nachhallkürzend sein konnte. Diese leicht entflammbaren Gehänge führten zu dem Brandunglück am 19. Juli 1928, wobei das Innere des Saales vollständig zerstört wurde (Abb. 6 u. 7). Die Saalschale blieb soweit intakt, dass unverzüglich mit der Wiederherstellung begonnen werden konnte, sodass die Saalform, mit einigen Aenderungen der Balkonteile, bereits gegen Ende 1928 wieder zum Gebrauch dastand. Auch die Heizung wurde abgeändert nach dem Prinzip der „aération ponctuelle“ und vorzügliche, unentflammbare Bestuhlung eingerichtet; Abb. 8 und 9 zeigen den ersten Zustand nach der Wiederherstellung.

Nun war auch Gelegenheit, die ungenügend dämpfenden Molletongehänge durch feuersichere zu ersetzen und derart zu erweitern, dass der jetzige Saal, menschenleer, reichlich um $\frac{1}{3}$ stärker akustisch gedämpft ist, als ursprünglich. Die neue Dämpfung (Abb. 10 und 11) besteht aus einem System von Asbest-Haarfliz-„Wolken“ an den Deckenflächen, ferner sind alle vertikalen und horizontalen Flächen der Balkonteile mit ein bis drei Lagen dicken Asbest-Haarfilzgehängen so stark gedämpft, dass man mit den heutigen Mitteln wirklich keine schwerere lokale akustische Dämpfung des hintern Teils sich vorstellen kann. Ja die Dämpfung ist nun, in Verbindung mit der Plüschstuhlung und den weichen Bodenteppichen, so stark, dass die mittlere Nachhallkurve sehr flachen Verlauf hat zwischen voller und halber Menschenbesetzung (Abb. 12), ein akustisch natürlich ganz erwünschter Zustand. Sehr grosse Säle erfordern viel intensivere Wanddämpfung als kleinere Säle, sodass die Nachhallkurve, als Funktion der Zahl der anwesenden Menschen, hier flacher verläuft als bei kleinen Sälen, bei denen die durch die Menschen bewirkte

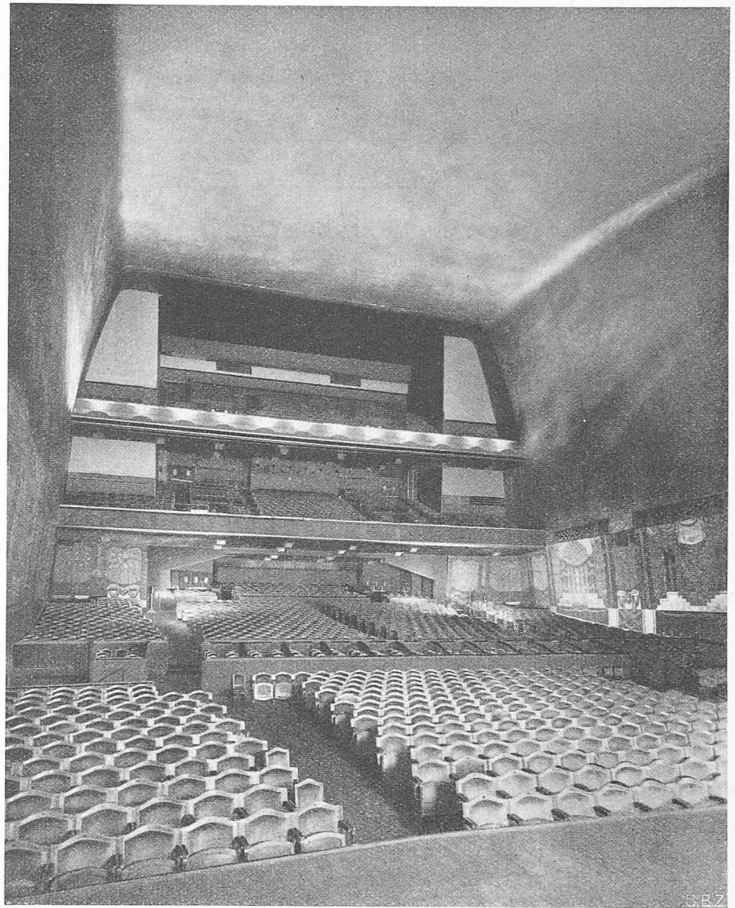


Abb. 4. Zuschauerraum vor dem Brande, aber bereits mit nachträglich angebrachter Molleton-Dämpfung im Hintergrund, gemäss Abb. 5.

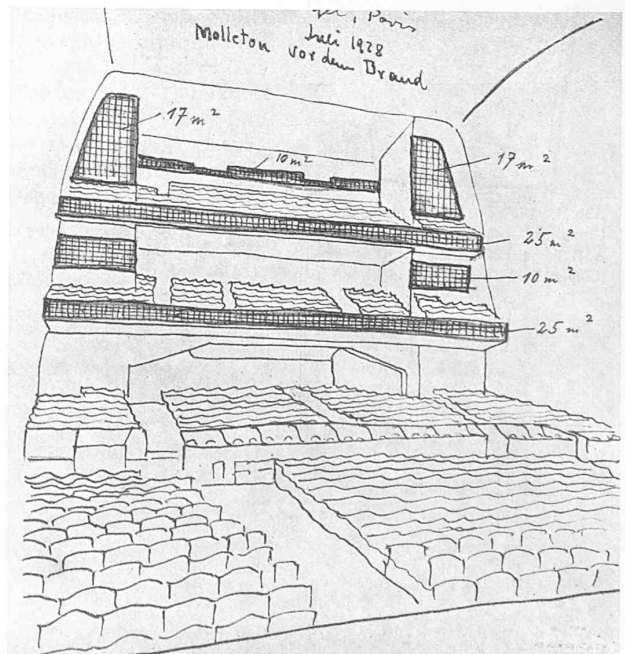


Abb. 5. Erste Molleton-Dämpfung, vor dem Brande, wie oben.

Absorption prozentual viel grössern Anteil an der gesamten akustischen Absorption hat. Die Hörbarkeit von Podium-Schall ist denn auch im ganzen Auditorium hervorragend präzise, allerdings unter der Galerie merkbar geschwächt.

Wie vorauszusehen war und wie sich auch bei Ruf- und Klatschversuchen im leeren Saal bestätigt, bewirkt



Abb. 8. Salle Pleyel nach ihrer Wiederherstellung, mit neuer Plüschbestuhlung, aber noch ungedämpftem Hintergrund.

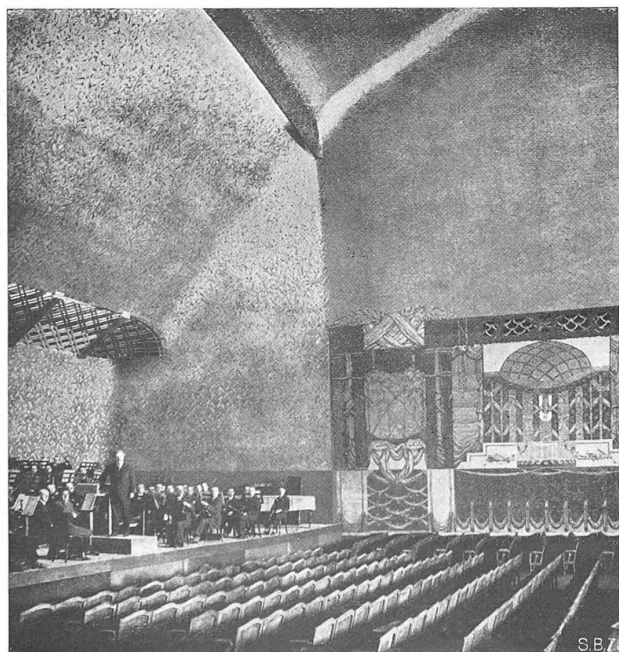


Abb. 3. Podium, vor dem Brande.

Schall, der *nicht* auf dem Podium erzeugt wird, deutliche Echowiederholung, wegen der immerhin hohen (15 m und mehr) Decke und wegen der beträchtlichen Saalbreite (im Mittel 30 m). Den unbestreitbaren Vorteilen von Parabelflächen für die Aussendung von Podiumschall nach dem Auditorium steht der Nachteil entgegen, dass hier die

grossen Kurvenflächen umgekehrt auch jeden im Saal erzeugten oder nachhallenden Ton konzentriert und mit Zeitverschleppung wieder nach dem Podium der Musiker zurücksammeln, was bei der breiten Anordnung des Orchesters irritierend wirkt; denn der Ohreindruck der Musiker erfährt ein Echo-Verschleppungsintervall gegen die momentane Augwahrnehmung der Taktstockbewegung des Dirigenten, und diese Verschleppung ist an den verschiedenen Stellen des sehr breiten Podiums verschieden stark.

Die gute schallzerstreuende Wirkung gefalteter Zickzackflächen hatten wir beim Zürcher „Scala-Theater“ („S. B. Z.“, Band 91, S. 123^{ff.}) erprobt, und nun hat auch die Salle Pleyel ein System von Zickzack-Paravents im Rücken und seitlich des Orchesters (Abb. 13) erhalten. Damit ist zwar das Prinzip der Schallzuteilung von einmal reflektiertem Schall durch das Deckenstück „A“ (Abb. 2) nach dem grossen Parterre-Auditorium preisgegeben, denn dieses Parabelstück ist nun zum grössten Teil akustisch abgeschirmt. Dies brachte indessen wenig Schaden, denn die Rückwürfe der langwelligen Schallbewegungen erfolgen ja, für den Akustiker glücklicherweise, lange nicht so linientreu, wie jene der millionenfach- und noch kürzerwelligen optischen Spiegelstrahlen. Dass durch die Paravents eine gewisse Lautheitschwächung im Parterre, besonders im hinteren Teil unter dem Balkon entstanden ist, ist zweifellos; denn das ihnen ursprünglich zudosierte Brennbandel von einmal reflektiertem Unterstützungsschall „A“ ist zum Teil verloren gegangen. Andererseits sind die Musiker dankbar, die nunmehr wesentlich bessere Zusammenspiel-Konditionen geniessen.

Zusammenfassend lässt sich also über das akustische Problem so grosser Säle sagen: Zwei akustische Forderungen geraten miteinander in Konflikt und können nicht anders als auf dem Kompromissweg vereinigt werden:

1. Hochreflektierende, schalldurchmischende und richtig gestellte Flächen der Saalbegrenzung sollen die Lautheitswirkung der „direkten“ Schallstrahlen unterstützen; andererseits sollen sie nicht unerwünschte Rückwurf-Konzentrationen bewirken.

2. Die allgemeine akustische Absorption des Saals samt Menschen, d. i. die Schall-„Verdauungskraft“, soll genügend gross sein, damit nicht konfundierende Nachhallverlängerung entsteht. Die zweite Forderung verlangt, besonders bei grossen Saalvolumina, meist sehr schwere akustische Dämpfung gewisser, von Fall zu Fall näher zu bestimmender Flächenteile.

Je kleiner die Abmessungen eines Saales gehalten werden können, umso leichter und zwangloser, homogener und schallsparender lassen sich die akustischen Massnahmen anordnen. Bei *Konzert*-Sälen können immer genügend starke Schallquellen besorgt werden, aber bei reinen *Sprech*-Sälen ist die Schallemission der Einzelstimme begrenzt, und jede für Nachhallkürzung nötige wendende Zusatz-Absorption verringert die Lautheit der Sprechstimme. Dafür, dass kleine, ausgezeichnete Säle mit recht geringer Dämpfung auskommen, sind zwei Beispiele im gleichen Pariser Pleyel-Bau: die unter dem grossen Saal gelegenen „Salle Chopin“, etwa 2000 m³ und 450 Sitzplätze, und „Salle Debussy“ mit rund 450 m³ und 160 Sitzen. Diese beiden Säle haben ganz konventionelle Form.

Ein anderes, mehr zum vorliegenden Thema der Parabel-Säle gehörendes Beispiel haben wir in der Schweiz beim „Capitol-Theater“ in Bern („S. B. Z.“, Band 94, 12. Oktober 1929, S. 183^{*}), dessen akustische Massnahmen von vornherein angeordnet und seither nicht geändert wurden. Der Längenschnitt (Abb. 14) zeigt auf den ersten Blick viel Ähnlichkeit mit der Salle Pleyel; der Grundriss musste aus örtlichen Verhältnissen rechteckig gemacht werden, dagegen sind die Querschnittprofilierung und die Anordnung der Balkone durchaus verschieden. Die Decke

ist reich gestaffelt, sowohl im Längen- wie Querprofil, und akustisch reflektorisch weitgehend „zerhackt“; ebenso ist es die Balkonbrüstung, die überdies mit der senkrechten Profilaushöhlung nicht nach der Bühne weist. Schwere Dämpfungsbeläge in mässigem Ausmass waren nur hinten und seitlich unter dem Ansatz der Deckenstaffelung nötig (Abb. 15). Das Volumen beträgt weniger als $\frac{1}{4}$ des Pleyel-Saals. Die Bühne ist schmal, die Rückkehr von Saalschall nach ihr stark zerhackt. Es wäre natürlich gefährlich, die Berner „Capitol“-Form von 4450 m^3 Volumen ohne weiteres auf 20 000 oder mehr m^3 übertragen zu wollen.

M. Lyon hat mit seiner Salle Pleyel ein grossartiges Beispiel von Unternehmungsfreudigkeit und Wagemut geboten; der Akustiker ist ihm sehr dankbar, dass er damit Gelegenheit bot, Fragen in praxi im grössten Masstab zu erproben, über die so viele irrije Laienmeinungen umlaufen, Fragen, die aber vorausbewertet werden konnten. Die Salle Pleyel darf im heutigen Zustand als Mustersaal für das konzertliche Leben einer Weltstadt gelten.

Noch grösser als die Salle Pleyel hätte Le Corbusier's Völkerbund-Saal werden sollen („S. B. Z.“ Band 90, 9. Juli 1927, S. 13³), mit sperriger Tischstuhlung, 63 m Länge, 21 m Höhe und über 50 m mittlere Breite, Decken und Wände aus Glas. Nachhall, Rückkonzentration von Schall nach der Präsidentenstrasse, und Echos im Saal selbst; diese besonders, wenn aus der Delegiertenmitte gesprochen würde, hätten den Akustiker vor geradezu unlösbare Probleme gestellt; auch wäre die Schallenergiebilanz, trotz der Glaswände, höchst prekär.

In der nachfolgenden Tabelle und Kurvenschar (Abb. 12) wurde versucht, die fünf hier besprochenen Parabelsäle zu vergleichen, soweit es die Plan- und Ausmessungsunterlagen erlauben:

- I. Salle Pleyel in ihrem ursprünglichen Zustand, noch ohne Dämpfung,
- II. „ „ nach der ersten Korrektur, vor dem Brand,
- III. „ „ wiederhergestellt und im heutigen Zustand stark gedämpft,
- IV. Capitol-Theater, Bern, und
- V. Le Corbusier's Projekt für den Völkerbundsaal in Genf.

Man erkennt, wie bei grossen Sälen die Nachhalldauer-Kurve viel weniger von der Anzahl der anwesenden Menschen abhängig ist, dass es andererseits immer schwieriger wird, genügend niedere Nachhalldauern zu sichern, selbst wenn ausserordentlich schwere Dämpfungen angeordnet werden.

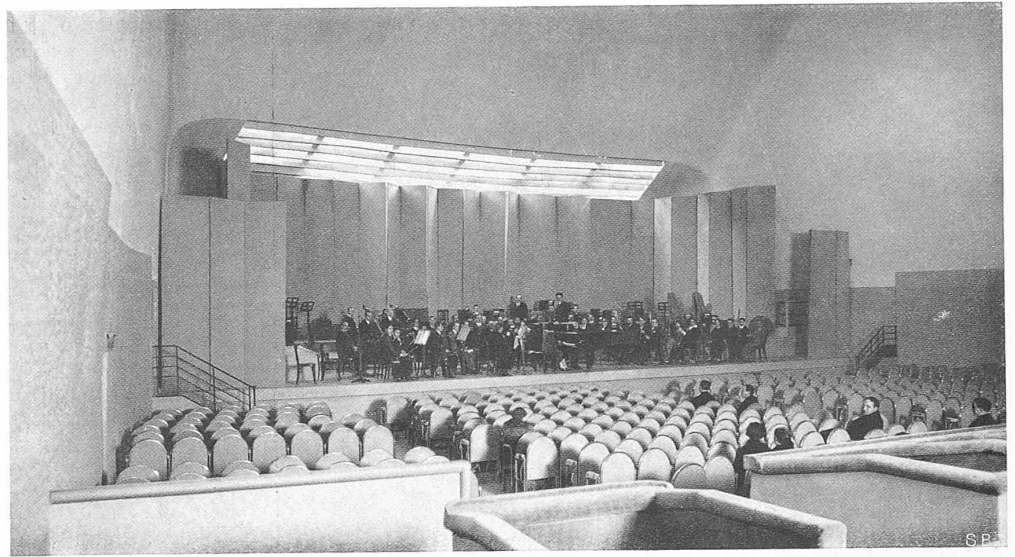


Abb. 13. Das Podium der Salle Pleyel im heutigen Zustand, mit abgeschirmtem Orchester-Hintergrund.

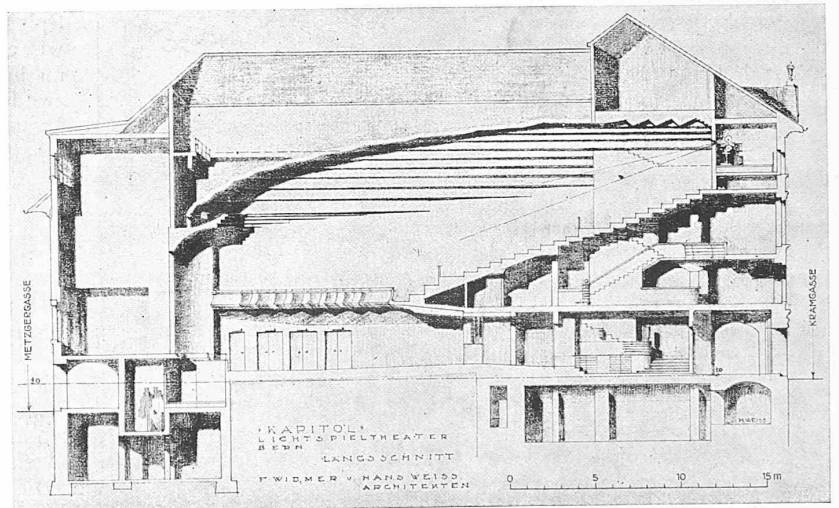


Abb. 14. Längsschnitt des Capitol-Theaters in Bern. — Masstab 1 : 400.

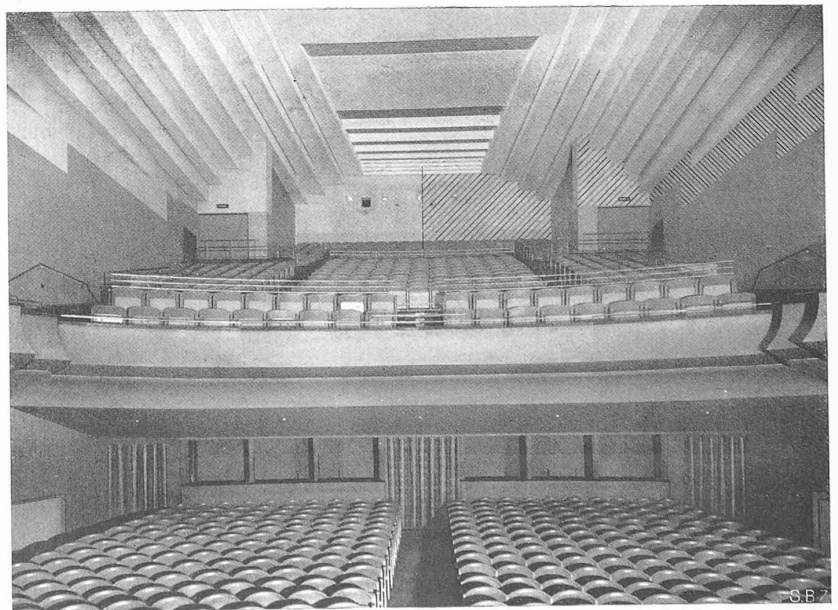


Abb. 15. Zuschauerraum des Capitol-Theaters in Bern. Die „gedämpften“ Flächen an Rück- und Seitenwänden sind auf der einen Saalhälfte durch Schraffur angedeutet.

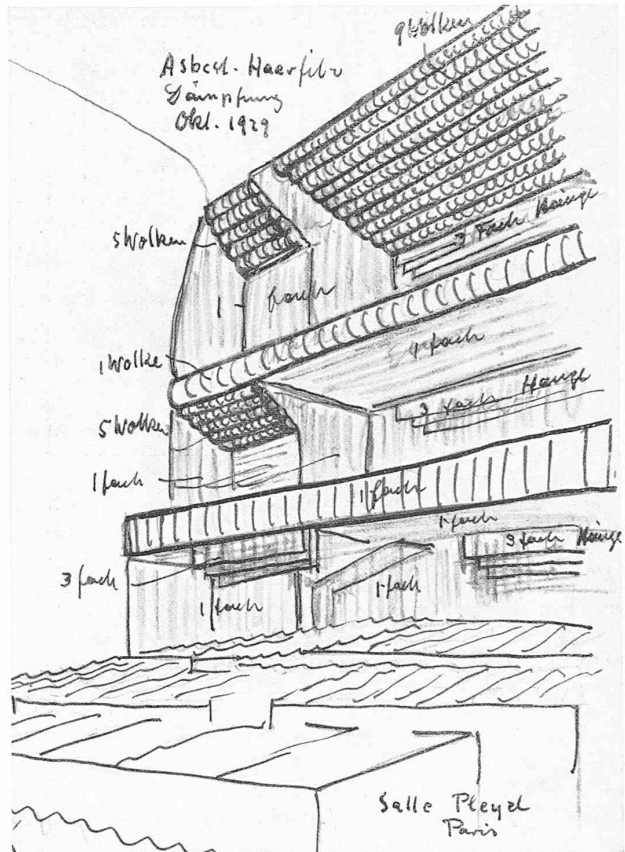
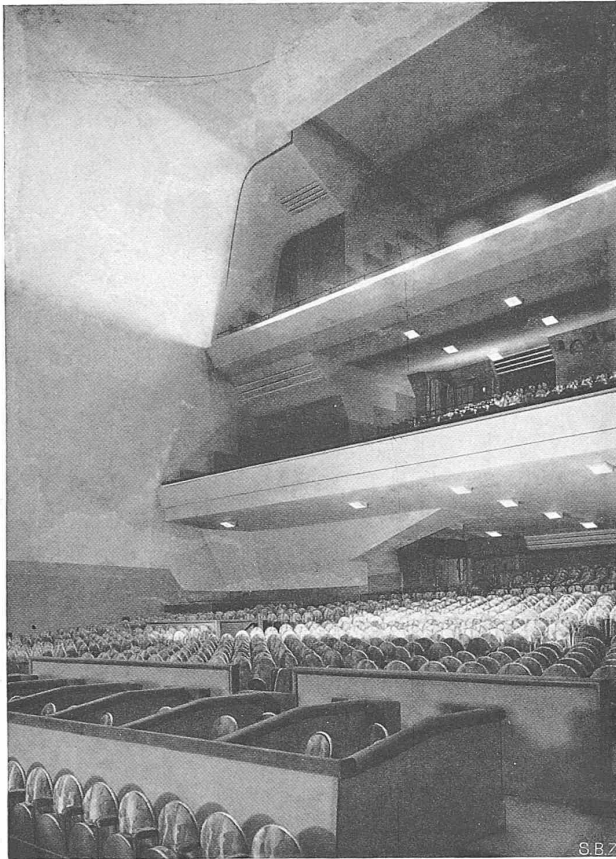


Abb. 9. Salle Pleyel, nach dem Brand, ungedämpft.

Abb. 10. Wie Abb. 9, jedoch mit der Dämpfung, Herbst 1929.

	Salle Pleyel-Lyon, Paris Konzert- und Sprechsaal			Kapitol Bern Theater- und Sprechsaal	Le Corbusier Völkerb.-Projekt Parlament- Sprechsaal
	ursprünglich	Okt. 1927	Okt. 1929	März 1929	(Juli 1927)
Zeit des Zustandes	I	II	III	IV	V
Kurve im untenstehenden Diagramm	1	2	3	4	5
Netto Innen-Volumen m ³	21 000	21 000	21 000	4450	rd. 45 000
Sitzplätze M	2500	2500	2500	920	2700
Max. Menschenfassung und Bühne M'	3000	3000	3000	1000	3000
Volumen pro Kopf, max. Fassung m ³ /M'	7	7	7	4,5	15
Tot. akust. wirksame Oberflächen m ²	rd. 6520	rd. 6520	rd. 6600	2260	rd. 9900
Akust. Absorption, leerer Saal *)	rd. 810	rd. 880	rd. 1100	240	rd. 1300
Akust. Absorption, voller Saal *)	rd. 1640	rd. 1720	rd. 1940	rd. 590	rd. 2350
Anzustrebende optim. Nachhalldauer sec.	1,7	1,7	1,7	1,5	höchstens 2,2
Wird erreicht bei Zuhörerzahl M' opt.	—	3000	2000	550	—

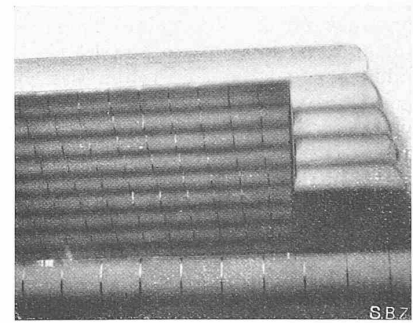


Abb. 11. Dämpfung II. Galerie, Decke u. Brüstung, (Vergröss. Leica-Zeitaufnahme 8'' aus freier Hand.)

*) Einheit der akust. Absorption = 1 m² „offenes Fenster“ = 1 m² vollständig schallschluckende Fläche.

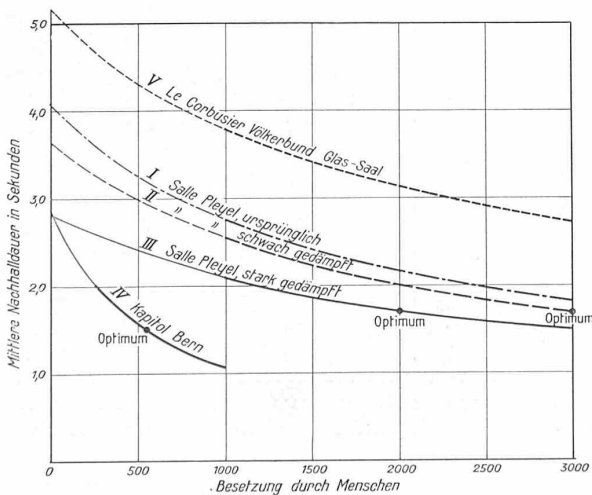


Abb. 12. „Normale“ Nachhalldauern bei Tonhöhe 600 Hertz.

Festigkeitsuntersuchung im Luftfahrzeugbau.

Von Dr. sc. techn. U. A. HUGGENBERGER, konsult. Ing., Zürich.

(Schluss von Seite 34.)

5. ANWENDUNG DES TENSOMETERS ZUR UNTERSUCHUNG VON KONSTRUKTIONEN DES LUFTFAHRZEUGBAUES.

Da die Qualität des Baustoffes im Luftfahrzeugbau eine hervorragende Rolle spielt, ist es für den Flugzeug-Konstrukteur besonders wichtig, sich beim Einkauf zu überzeugen, dass die von ihm geforderten Eigenschaften tatsächlich erfüllt werden. Zu diesem Zwecke wird er bei der Abnahme im Lieferwerke Stichproben auswählen, die er der üblichen Festigkeitsprüfung unterzieht und bei der ihm das Tensometer als äusserst leicht zu handhabendes Feinmessgerät eine rasche und zuverlässige Durchführung dieser Versuche ermöglicht. Abb. 7 zeigt den Zugstab in der üblichen Zerreissmaschine. Die Längsdehnung wird mittels zweier einander gegenüber liegenden Tensometern Typ B ermittelt. Diese sind mit Hilfe der Doppelklammer B1/50 (Abb. 5 und 6 in letzter Nr.) am Zugstab befestigt.