

Gutachten

von Professor Dr.-Ing. Eugen Michel in Hannover, Alleestr. 20.
Über die akustischen Verhältnisse der Jahrhunderthalle
in Breslau.

Am 25. März 1929 hat der Unterzeichnete die Jahrhunderthalle besichtigt. Hierbei wurde festgestellt, dass bereits in beträchtlich grösserem Umfang, als aus den Zeichnungen entnommen werden konnte, Holzeinbauten vorhanden sind. In den später übersandeten Flächenzusammenstellungen usw. werden diese Einbautenⁿ allerdings bereits berücksichtigt.

Die Verwendung von Holz hat insofern Bedeutung, als sie die akustischen Verhältnisse durch Verringerung des Nachhalls wie auch durch Veredlung der Klangwirkung erheblich verbessert.

Die genannten Holz Ausführungen sind:

Ein provisorischer Fussboden im Hauptteil des Raums, ein Stufen-
aufbau der Emporen in den beiden seitlichen Apsiden, und eine senk-
rechte Verschalung über diesen letztgenannten Aufbauten bis zum
wagerechten Betonsturz unter der untersten Fensterreihe.

Ausserdem sind in Uebereinstimmung mit der Zeichnung an höl-

zernen Einbauten vorhanden:

Eine grosse ansteigende Musikbühne vor der grossen Orgel, eine Verschalung der Wand- und Deckenfelder in der Orgelnische und eine grosse ansteigende Tribüne für Publikum gegenüber der grossen Orgel.

Als ungünstig muss der vor der grossen Orgel angebrachte Vorhang bezeichnet werden, der selbst in gerafftem Zustand stellenweis weit herunterhängt und damit das freie Ausströmen des Orgeltons zu beeinträchtigen vermag. Ausserdem wirkt er schallabsorbierend, was an dieser Stelle zu vermeiden wäre.

In akustischer Hinsicht machte sich bei den vorgenommenen Versuchen vor allen Dingen ein starker Widerhall bemerkbar und zwar in besonders auffallendem Masse bei Anordnung der Schallquelle innerhalb einer mittleren Kreisfläche von etwa 16 m Radius. Offensichtlich rührt er sowohl von der Kuppel wie auch von den vier grossen Eckwickeln und den beiden seitlichen Apsiden her, während die der grossen Orgel gegenüberbefindliche Apsis infolge des umfangreichen Tribüneneinbaues anscheinend weniger beteiligt ist.

Beim Heraustreten aus der genannten Mittelfläche von 16 m Radius in Richtung nach einer der seitlichen Apsiden zeigte sich der Widerhall aus der betreffenden Apsis besonders deutlich.

An Hand der beifolgenden Zeichnung (Blatt 1) ist diese Sachlage in folgender Weise zu erklären:

Bl. 1.

Für eine im Mittelpunkt der Halle bei M befindliche Schallquelle ergibt sich aus den vier grossen Zwickeln ein Rückwurf derart, dass der entsandte Schall radial d.h. senkrecht zur Tangentialebene der Zwickelflächen, also auf dem gleichen Weg, auf dem er die Zwickelfläche trifft, wieder zurückgeworfen wird. Der Schall, der von M ausgehend auf die Zwickel entfällt, wird demnach von diesen beim Rückwurf wieder in M gesammelt und er macht sich dort mit besonders grosser Stärke bemerkbar. In der Zeichnung Bl. 1 ist dieser Vorgang an dem Beispiel der Zwickelfläche A-B gezeigt, aber man muss sich gegenwärtig halten, dass er sich nicht in der Grundrissebene, sondern im Raum vollzieht und dass die gekrümmte, schallzurückwerfende Fläche erheblich grösser ist, als ihre untere Grenze A-B im Grundriss erkennen lässt.

Aus allen diesen Ueberlegungen ergibt sich demnach, dass die Auswirkung der von den sphärisch gekrümmten Zwickelflächen kommenden Rückwürfe sich in besonders starkem Mass bemerkbar machen und damit zu erheblichen Störungen führen muss.

Der vom Punkt M aus in die seitlichen Apsiden entsandte Schall wird, wie die auf der Bildhälfte links für die Apsis durchgeführte zeichnerische Konstruktion der Schallstrahlen M-C, M-D usw. zeigt, in der Gegend von K-L gesammelt und strahlt mit Ueberkreuzung erst darüber hinweg wieder weiter in den Saalraum aus. Die Stelle K-L wirkt also wie eine sekundäre Schallquelle und es muss daher der von

hier aus weitergehende Schall beim Punkt M noch mit verhältnismässig grosser Stärke auftreten.

Dieser kräftige Schalleindruck erhöht sich durch den gleichartigen, bei der anderen Seitenapsis auftretenden Vorgang.

Dagegen bei einem um 16 m von M entfernten Schallausgangspunkt M' werfen, wie aus Bl. 1, Bildhälfte rechts, zu erkennen ist, die Zwickel den auf sie entfallenden Schall nicht mehr zum Ausgangspunkt zurück, sondern sie sammeln ihn in verschiedenen Punkten z. B. vom Zwickel O-P aus in S und vom Zwickel Q-R aus in ~~S~~ S'. Die gekrümmte Gestalt der Zwickel übt also auch hier je für sich ihre sammelnde Wirkung aus, aber es findet dabei keine so einheitliche und dementsprechend so starke Schallanhäufung wie beim Ausgangspunkt M statt.

Die Rückwürfe aus den Apsiden dagegen werden durch die Aenderung ~~des~~ des Schallausgangspunktes weniger stark beeinflusst. Die Ueberkreuzungspunkte der Schallstrahlen M'-C' bis M'-J' verschieben sich lediglich um eine Kleinigkeit nach der Gegenseite, ^{nach N.} hin.

Wenn nun bei Aufstellung der Schallquelle in M' zu erheblichen Teil der Widerhall verschwindet, der sich vorher, bei Aufstellung in M bemerkbar machte, so ist an Hand der beschriebenen zeichnerischen Konstruktionen zu vermuten, dass weniger der Rückwurf aus den Seitenapsiden, als vielmehr der bei beiden Standpunkten ganz verschiedenartige Verlauf der Rückwürfe aus den Zwickeln auf die Schallverhält-

nisse von Einfluss ist, dass also für den von M aus bemerkbaren starken Widerhall vornehmlich die grossen Zwickel verantwortlich zu machen sind.

Bl. 2.
Betrachtet man den Schallverlauf im Längsschnitt (Bl. 2), so erkennt man aus dem Verlauf der Schallstrahlen M-I bis M-IV, dass der auf die senkrechten Flächen der Kuppelkonstruktion, die Fensterwände entfallende Schall zunächst zur Ringdecke und von dieser wieder in die Nähe von M zurückgeworfen wird. Dasselbe gilt von dem ^{zunächst} auf die Ringdecke gemäss Schallstrahlen M-I' bis M-IV' entfallenden Schall. Im ganzen führen also auch die Deckenrückwürfe zu einer verhältnismässig starken Rückwirkung auf den Schallausgangspunkt M. Nur der auf die Scheitelkuppel und auf den inneren Teil der Ring^{decke}~~fläche~~ entfallende Schall wird entsprechend den Schallstrahlen M-V, M-VI und M-VII etwas mehr seitlich geworfen, also zerstreut. Aber dann spielt wieder der Schallumweg eine ungünstige Rolle, worauf noch weiter unten näher eingegangen werden soll.

Bl. 3
Rückt die Schallquelle um 16 m seitlich, nach M' (Bl. 3), so verschiebt sich die Rückwurfrihtung etwas, aber der Schall wird gemäss den Strahlen M-I bis M-IV und M-I' bis M-IV' nach wie vor hauptsächlich in die Gegend seines Ausgangspunktes zurückgeworfen. Besonders gilt dies, wenn er, wie bei Strahl III, senkrecht auf die Ringdecke ~~trifft~~ trifft.

In gleicher Weise wie bei Ausgangspunkt M wird der Schall gemäss Strahl V von der Laternkuppel, und gemäss Strahlen VI ~~und VII~~ von den inneren Teilen der Ringdecke auf die grosse Tribüne geworfen, ~~und~~ ebenfalls mit grossem Umweg gegenüber dem unmittelbaren Schall. Es macht sich also immer ein ungünstiger ^{Einfluss der} Rückwurf der Decke ~~auf den~~ ~~Einflusspunkt~~ bemerkbar.

Wenn aber bei der örtlichen Beobachtung die Aufstellung in der Mitte gemäss Bl. 2 einen erheblich stärkeren Rückwurf als bei seitlicher Aufstellung gemäss Bl. 3 ergab, so erklärt sich, da sonst alle Umstände übereinstimmen, dies so, dass bei Seitenaufstellung der Einfluss der konzentrierten Zwickelrückwürfe fehlt, wie an Hand von Bl. 1 bereits weiter oben näher dargelegt worden ist. Es bestätigt sich also, dass die Rückwürfe der Zwickel im ganzen akustischen Bild des Raums eine wichtige und zwar ungünstige Rolle spielen.

Bei den ganz aussergewöhnlich grossen Abmessungen der Halle lassen sich Vergleiche mit anderen Räumen und mit den Ergebnissen der sonstwie angewandten Beobachtungsverfahren nur mit gewisser Vorsicht benutzen. Immerhin war es möglich, mit Hilfe eines Handapparats die Nachhalldauer zu prüfen und zwar ergab sich dabei je nach der benutzten Schallquelle eine Nachhalldauer von 3 Sekunden, 4,2 Sekunden und 5,2 Sekunden, bis schliesslich mit 7 Sekunden bei Tutti-Akkord der grossen Orgel ein Höchstwert erreicht wurde. Letzterer stimmt mit den

mir vorgelegten Ergebnissen der schon früher, im Jahre 1921 von anderer Seite vorgenommenen Beobachtungen überein. Die genannten Nachhallauern sind ~~was man sich nicht vorstellen kann~~ relativ d.h. im Vergleich zur Grösse des Hallenluftraums ~~noch~~ noch verhältnismässig günstig. Der Grund dafür ist darin zu suchen, dass die starke Gliederung der Kuppelkonstruktion den Schall zu zerstreuen hilft und dass die erwähnten, schon vorhandenen Holzeinbauten die Schallverhältnisse ebenfalls vorteilhaft beeinflussen, da Holz ein stärkeres Dämpfungsvermögen als Betonfläche besitzt und ausserdem durch seine Mitschwingungsfähigkeit veredelnd auf den Klang wirkt.

Absolut genommen sind aber die Hallerscheinungen doch derart bedeutend, dass eine erhebliche Einschränkung derselben erforderlich erscheint. Die Auswahl der dahingehörenden Massnahmen findet ihre Begrenzung in der wohl auch seitens der Stadtverwaltung gebilligten Erwägung, dass im Interesse des künstlerischen Baugedankens keine dauernde Störung des Raumbildes eintreten darf.

In Betracht kommt danach Folgendes:

1) Schalldämpfende Verkleidung der vier grossen Zwickelflächen.

Bis jetzt sind diese mit Rupfen verkleidet. Rupfen besitzt aber nach den darüber vorgenommenen physikalischen Messungen eine nur sehr geringe Dämpfungswirkung und müsste daher durch wirksamere Materialien ersetzt werden. Als solche sind zu nennen:

a) Polsterfilz von 0,8 bis 1,0 cm Stärke, womöglich in doppelter Lage. Gewöhnlich hat dieser Filz eine Breite von 1,40 m und dabei ein Gewicht von 2 kg auf 1 m Länge. Hierzu sei bemerkt, dass bei Filz das Gewicht angegeben werden muss, weil bei der weichen Beschaffenheit dieses Materials die Stärkenangabe nicht zur eindeutigen Begriffsfestlegung ausreicht. Da ein Filz genannter Art seiner Flächenbeschaffenheit nach sich nicht dazu eignet, eine sichtbare Fläche zu bilden, so muss er einen Ueberzug von leichtem, schalldurchlässigen Stoff, etwa Rupfen, Nessel oder dergleichen erhalten. Dieser Stoff darf aber nicht auf den Filz geklebt oder nachträglich mit Farbe gestrichen werden, weil eine erhärtete Klebstoff- oder Farbschicht den Schall zurückwirft, also nicht bis zu dem dahinter befindlichen schalldämpfenden Filz gelangen lässt. Der Ueberzugstoff muss ~~vielmehr~~ vielmehr, etwa mit Hilfe von seitlich befestigten Holzleisten, frei über den Filz gespannt werden. Eine aus architektonischen Gründen gewünschte Farbtönung muss der Ueberzugstoff demnach vor dem Anbringen erhalten und zwar durch Färben in der Masse. Zum Schutz gegen Motten kann Filz, ebense wie etwaiger Wollstoff mit Eulan getränkt geliefert werden.

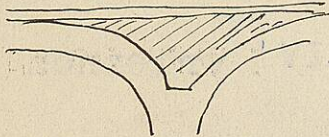
b) Celotex BB. Dieses Material, nicht zu verwechseln mit dem in grossen Tafeln lieferbaren gewöhnlichen Celotax, wird in Platten von 30,5 : 30,5 cm Grösse und von 2,2 cm Dicke eigens für akusti-

sche Schalldämpfungszwecke hergestellt. Auf der dem Luftraum zuzuwendenden Seite weist es zahlreiche Lochungen auf, die nicht durch die ganze Dicke der Platte reichen. Sie sollen die Schalldämpfung durch Verringerung der reflektierenden und Vergrößerung der absorbierenden Fläche vermehren, wobei auch eine unterstützende ~~Wirkung~~ Beugungswirkung mitspricht. Die Platten werden entweder auf entsprechend befestigten Holzleisten durch Nagelung angebracht oder auf eine massive Fläche, Rabitz oder dergl. mit Leimgips geklebt.

Die Eigenschaften des Celotex BB lassen dieses Material besonders dort als geeignet erscheinen, wo man in monumental angelegten Räumen nicht gern von einer Stoffbespannung der Wandflächen Gebrauch machen möchte, wie es ^{vielleicht} in vorliegenden Fall zutreffen dürfte.

In ihrer gelblich-grauen Naturfarbe würden die genannten Celotexplatten sich dem Farbton der Jahrhunderthalle gut einfügen.

Als zu verkleidende Fläche empfehle ich nicht nur die je drei hinter der jetzigen Ruffenverkleidung verborgenen Zwickelnischen, sondern mindestens die jetzt mit Ruffen bespannte Fläche, womöglich aber noch weiter gehend die Fläche bis zum Kuppelring in Aussicht zu nehmen.



2) Schalldämpfende Verkleidung der äusseren d.h. dem Saalraum zugewandten ^{Seiten der} Galeriebrüstungen beider Seitenapsiden. Ausführung wie bei 1) vorgeschlagen.

3) Zugvorhänge ab den beiden Fensterreihen der drei Apsiden und an der untersten Fensterreihe der Kuppel. Bei den oberen Fensterreihen der letzteren würden Vorhänge zwar auch günstig wirken, aber ihre Handhabung würde Schwierigkeiten bereiten.

Die Vorhänge dürfen nicht zu ~~dünn~~ dünn sein, sondern müssen aus dickem, weichem Stoff, etwa Fries oder gefüttertem Plüsch bestehen. Sie würden hauptsächlich in geschlossenem Zustand, also bei Vorführungen mit künstlicher Beleuchtung wirksam sein, aber auch schon am Tage, wenn sie bauschig zur Seite gezogen oder nur teilweise geschlossen sind, zur Schalldämpfung beitragen.

4) Schalldämpfende Verkleidung der Kuppel-Ringdecken. Der von unten kommende Schall wird zu erheblichem Teil von den nahezu waagrechten Deckenunterflächen der Kuppel-Terrassenringe zurückgeworfen, wie an Hand der Zeichnungen Bl. 2 und 3 bereits näher dargelegt ist. Hierbei macht er beträchtliche Umwege gegenüber dem unmittelbar von der Schallquelle zum Hörer gehenden Schall. Nehmen wir z. B. an, eine Schallquelle befinde sich auf dem unteren Teil des Musikpodiums und zwar im Punkt M der Zeichnung Bl. 4, so wird der Schall entweder, wie die Schallstrahlen M-I bis M-V und M-IV' erkennen lassen, unmittelbar nach unten geworfen, oder ^{er} geht gemäss den Strahlen M-II' und M-III' auf dem Umweg über die ebenfalls stark reflektierenden senkrechten Fensterflächen. Nicht viel anders ist der

Bl. 4

Verlauf, wenn der Schall, wie bei $M-I'$ gezeigt ist, zuerst auf die Fenster und erst dann auf die Ringdecke trifft.

Der von M ausgehende Schall erreicht einen bei H_1 befindlichen Hörer auf dem unmittelbaren Weg in einer Entfernung von 21,5 m, dagegen als Rückwurf von der obersten Ringdecke gemäss Strahl IV erst mit einem Umweg von $74 - 21,5 = 52,5$ m. Bei einer Schallgeschwindigkeit von 340 m in der Sekunde ergibt dies eine Verspätung von $52,5 : 340 = 0,154$ Sekunde. Dies ist schon so viel, dass es zu erheblichen Störungen führen kann.

Bei entfernteren Plätzen ist der Umweg geringer und er beträgt beispielsweise für einen in H_2 befindlichen Hörer $86 - 60 = 26$ m.

Die Laternkuppel wirft entsprechend ihrer Krümmung den Schall sehr verschiedenartig zurück, aber die Rückwürfe sammeln sich, wie die Strahlen $M-V$, $M-VI$, $M-VII$ und $M-VIII$ erkennen lassen, etwa in der Gegend von S und es kann erst von hier aus unter Ueberkreuzung der Schallstrahlen der Schall sich neu ausbreiten d.h. der Punkt S wirkt wie eine sekundäre Schallquelle und bildet dadurch einen erheblichen Störungsmittelpunkt. Dabei wird in Scheitel der Schall so zurückgeworfen, dass er einen symmetrisch zu M liegenden Punkt H_3 trifft und zwar erreicht er diesen mit einem Umweg von $88 - 45 = 43$ m.

Allen diesen Umwegen gegenüber ist zu bedenken, dass man bei akustisch günstigen Verhältnissen keinen grösseren Umweg als 17 m als

zulässig anzusehen pflegt. Damit erklärt sich ohne weiteres, dass im vorliegenden Fall erhebliche Nachhallerscheinungen auftreten müssen.

Es würde daher ratsam sein, die auf Umwegen zu den Hörer~~n~~ kommen~~d~~en und diese durch Klangverwischungen oder Echo störenden Schallwellen möglichst abzuschwächen und zu diesem Zweck die Ringdecken stärker schalldämpfend als bisher herzustellen. Die hier jetzt vorhandenen Korksteinplatten sind zwar nicht nur zum Wärmeschutz, sondern auch aus akustischen Erwägungen angebracht worden, aber sie vermögen diesem letzteren Zweck nicht zu entsprechen, da sie mit Pressendruck hergestellt sind und infolgedessen, wie physikalische Messungen hier in Hannover ergeben haben, einen auftreffenden Schall stark zurückwerfen, ^{(also} ohne ihn erheblich durch Absorption zu schwächen.

Zu empfehlen wäre demnach, unter diesen Korksteinplatten eine schalldämpfende Verkleidung in gleicher Art, wie bereits unter 1) vorgeschlagen wurde, zu bringen und zwar würde in Anbetracht der horizontalen Lage dieser Flächen, ^{wohl} der Verkleidung mit Celotex BB vor einer solchen mit Filz aus praktischen Gründen ~~der~~ der Vorzug zu geben sein.

Vielleicht könnte man es danach hinsichtlich der Wahl der Materialien so machen, dass man die Zwickelflächen mit Filz und Ueberzugstoff, die Ringdecken mit Celotex BB verkleidet, um von vornherein etwaige Verschiedenheiten ihrer Wirkungsweisen auszugleichen und

ein günstiges akustisches Gesamtbild zu erzielen.

5) Abscheiden der Seitenapsiden bei nicht voller Bestzung des Saals.

Nicht vorteilhaft ist, vor allem bei rednerischem Vortrag, die durch das Vorhandensein der beiden Seitenapsiden und durch den Einbau der Orgelempore nebst ~~Wand~~ gegenüber befindlicher Tribüne sich ergebende Breiilage des Hallenraums. Diese tritt in Wirklichkeit d.h. im örtlichen Raumeindruck noch viel schärfer hervor als man nach dem kreuzförmigen Umriss der Grundrisszeichnung vermuten sollte.

Nimmt man an, dass ein vom Redner unter insgesamt 90 Grad, also beiderseits 45 Grad zur Sprechrichtung ausgehender Schallstrom ein besonders deutliches Verstehen erwarten lässt, so ergibt sich nach ~~Maßgabe~~ Maßgabe der den Schallstrom begrenzenden Strahlen M-A und M-B der anliegenden Zeichnung (Bl. 5), dass die beiden Seitenapsiden von ihm nur wenig getroffen werden. Wendet sich aber der Sprecher nach einer Seite, so wird die andere Seite erst recht benachteiligt. Ferner ergeben sich aus den Seitenapsiden Rückwürfe, die einen Hörer viel später als der unmittelbare Schallerreichen, und die dadurch zu störenden Verwischungen führen. So geht vom Punkt M des Podiums zum Hörerpunkt H ein unmittelbarer Schallstrahl von 56 m Länge, während ein aus der Apsis zurückgeworfener Schallstrahl M-C-H eine Länge von 126 m besitzt und dementsprechend einen Umweg von 70 m

Bl. 5

d.h. eine Verspätung von 0,2 Sekunden ergibt.

Es empfiehlt sich daher, für ~~de~~ den Fall, dass nicht mit voller Besetzung der Halle gerechnet wird, die Seitenapsiden nach Möglichkeit auszuschalten und dadurch dem Raum eine ausgesprochene Längsrichtung im Sinne der Sprechrichtung eines Redners zu geben. Dadurch würde zugleich das Publikum in vorteilhafter Weise mehr im mittleren Teil des Saals, beim Redner vereinigt werden.

Zur Erreichung dieser Zwecke wäre zu empfehlen, die zu den Seitenapsiden führenden grossen Bogenöffnungen schalldämpfend zu verschliessen, indem man in ihnen dicke, weiche Vorhänge aus Fries, gefüttertem Plüsch oder dergl. anbringt. Diese würden in derselben Art wie der jetzt vor der Orgel befindliche Vorhang hinter dem grossen Bogen anzubringen und beim Öffnen seitlich hochzuraffen sein. Hierfür müssten etwa Drahtseile mit Windevorrichtung angeordnet werden. Zur leichteren Handhabung wäre es ~~vielleicht~~ vielleicht auch möglich, die Vorhänge mit entsprechender Ueberlappung wagerecht zu teilen.

Im Grundriss würden die Vorhänge etwa so verlaufen, wie es mit Wellenlinien in die Zeichnung Blatt 5 eingetragen ist.

Man darf aber nicht ^{erwarten} ~~annehmen~~, dass durch die Vorhänge die beiden seitlichen Apsiden im Raum völlig abgetrennt werden, vielmehr ^{ist} ~~muss~~ die durch sie bewirkte Sachlage so aufgefasst ~~werden~~, dass in den

vorhandenen grossen ^{Gesamt-} Raum schalldämpfende Vorhänge gebracht ~~sind~~, ^{werden,}
 die an sich nicht schalldicht sind, die aber ~~aber~~ vermöge ihrer
 weichen Beschaffenheit dazu beitragen, Rückwürfe zu mildern und die
 Gesamtdämpfung des Raums zu vergrössern.

6) Schalldämpfende Behandlung der Laternkuppel. Die letztere sitzt
 gerade an derjenigen Stelle der Hauptkuppel, wo besonders störende
 Rückwürfe zu erwarten sind. Auch die Anordnung der Laterⁿkuppel ändert
 an diesen Rückwurfverhältnissen nicht viel, wie bereits bei der Be-
 sprechung zu 3) erörtert wurde und wie aus den in den Zeichnungen ^(Bl. 2, 3 und 4)
 mit grossem Umweg verlaufenden Rückwurfstrahlen ^V zu ersehen ist. Es
 würde daher nicht vorteilhaft sein, diese Laternkuppel mit hartem,
 schallzurückwerfendem Material, etwa nach geäussert^er Absicht mit
 Prismenglas auszukleiden, sondern es wäre anstatt dessen eine schall-
 dämpfende Behandlung, ~~et~~ vielleicht ein gehängeartiges Unterspannen
 der ganzen Fläche dieser Laternkuppel mit einem dicken, weichen Stoff
 von der für die Vorhänge vorgeschlagenen Beschaffenheit vorzuziehen.

7) Beseitigung des Vorhangs vor der grossen Orgel. Wie schon weiter
 oben dargelegt wurde, ist das Vorhandensein dieses Vorhangs nicht
 günstig, weil er dem von der Orgel kommenden Schall den Weg verlegt,
 ihn also abdämpft und am freien Ausströmen behindert.

8) Polsterung des Gestühls. In Vortrags- und Musiksälen macht sich
 ein sehr grosser akustischer Unterschied, vor allem auch hinsichtlich

der Nachhalldauer bemerkbar, je nachdem der Saal stark oder schwach besetzt ist. Ein gewisser Ausgleich ist aber dadurch möglich, dass man das Gestühl stark schalldämpfend d.h. mit Polsterung ausstattet. Dann ist in schwach besetzten Saal schon eine verhältnismässig hohe Dämpfung vorhanden, während hinzukommendes Publikum nicht so viel Mehrwert an Dämpfung hineinbringt wie bei nichtgepolstertem Gestühl. Es wird daher empfohlen, die Stühle wie auch die Bänke mit Polsterung zu versehen. Bei Klappstühlen muss auch an der Unterseite der Sitze Stoffbezug vorhanden sein, damit gerade bei nichtbesetztem, also hochgeklapptem Sitz die dem Schallanfall ausgesetzte Fläche schalldämpfend zu wirken vermag.

9) Einbau eines endgiltigen Holzfussbodens. Zur Zeit ist nur ein behelfmässiger Holzfussboden vorhanden, der wohl bald wieder entfernt werden soll. An seine Stelle darf aber ohne akustische Schädigung nicht etwa ein harter Stein- oder Betonboden treten. Es wäre natürlich nichts dagegen einzuwenden, zunächst eine Betonschicht als Abgleichung auf das Erdreich zu bringen. Aber dann müsste auf diesem Betonboden ein geeignet isolierter Holzfussboden, etwa als Stabboden auf Blindboden und Lagerhölzern ohne Zwischenfüllung angeordnet werden. Den Holzfussboden in Asphalt zu verlegen, wäre nicht zu empfehlen, weil dabei der Fussboden zu hart ist, zu wenig Mitschwingungsfähigkeit besitzt. Die Lagerhölzer würden am besten in der Richtung vom Orgel-

podium zur gegenüberliegenden Seite verlaufen und mit den Podien in konstruktivem Zusammenhang stehen, damit die von der Schallquelle in das Vortragspodium übergehenden Körperschall-Schwingungen unmittelbar in die Fussbodenkonstruktion und in das andere Podium übergeleitet und von allen diesen Flächen aus an die Saalluft abgegeben werden können.

Ratsam ist es, den ^{Holz-}Fussboden aus grossen Tafeln zusammenzusetzen, deren Wegnahme die Betonfläche ^{nach} freigibt. Auf diese könnte dann unter Umständen z.B. für Zirkusaufführungen und dergleichen ^{vomübergehend} auch eine ~~Auffüllung~~ Auffüllung ~~aus~~ aus Sand gebracht werden.

10) Verlegen von Läufern. Das Anordnen von Läufern in den Hauptgängen des Gestühls würde dem Raum eine stärkere Dämpfung geben, auch würde es das Entstehen von störendem Schrittgeräusch verhindern. Die Läufer können jederzeit ohne besondere ~~Maassnahmen~~ ^{technische Vorkehrungen} verlegt werden und es wird daher empfohlen, zunächst die Wirkung der sonstigen Massnahmen abzuwarten und erst, wenn das Bedürfnis sich herausstellt, die Läufer einzubringen.

11) Einbau einer Holzdecke. Um den Raum akustisch zu verbessern, könnte auch daran gedacht werden, an Stelle der unter 3), 4) und 6) vorgeschlagenen Schalldämpfungsmaßnahmen, soweit sie die Kuppel betreffen, in Höhe der Oberkante des Kuppel-Fussrings eine wagerechte, lebhaft gegliederte Holzdecke einzubauen, die an der Kuppel

aufgehängt wird. Der dabei zu gewinnende Vorteil wäre der, dass sich durch Verkleinerung des Rauminhalts der Halle und durch die damit bewirkte Verkürzung der Schallwege die Nachhalldauer verringert und dass sich auch die klangverbessernde Wirkung des Holzes günstig bemerkbar macht. Ferner würden manche ungünstige Rückwürfe wegfallen.

Durch einen solchen Deckeneinbau würde allerdings die architektonisch wirksame kuppelförmige Ueberdeckung der Halle dem Auge entzogen werden und ich möchte daher die ~~genannte~~ ^{erwähnte} Möglichkeit einer akustischen Verbesserung lediglich der Vollständigkeit halber ~~genannt~~ ^{erwähnt} haben, ohne damit vorzuschlagen, sie weiter zu verfolgen.

Bei Durchführung der vorgeschlagenen Schalldämpfungsmaßnahmen wird allerdings die gesamte, beim Ertönen einer Schallquelle sich im Raum ergebende Schallenergie infolge des Wegfalls von Rückwürfen eine gewisse Einbusse erfahren und es kann daher der Ton der Schallquelle vielleicht etwas weniger kräftig wirken. Demgegenüber werden aber die zur Zeit durch den langen Nachhall entstehenden Klangverwischungen erheblich eingeschränkt, wenn nicht gar überhaupt beseitigt, was als grosser Gewinn zu bezeichnen ist.

Die rechnerische Nachprüfung hat ergeben, dass bei Durchführung der im Vorstehenden ^{unter} 1) bis 9) vorgeschlagenen Massnahmen eine sehr erhebliche Einschränkung der Nachhalldauer und ein angemessener Wert der