

Furrer, W. Raum- und Bauakustik f. Architekten  
1956 Basel/Stgt.

= 132.2

zusammengestellt. Die im Hallraum gemessenen Werte liegen im Vergleich zu Messungen in wirklichen Sälen offensichtlich zu tief, so dass die in der vorstehenden Tabelle angeführten Zahlen eine zuverlässigere Berechnungsgrundlage darstellen.

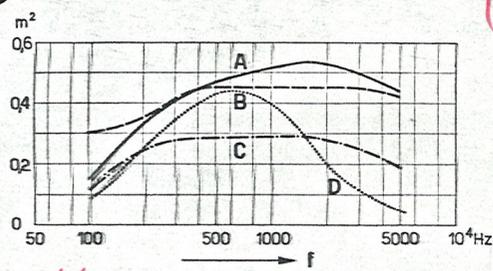


Abb. 47  
Absorption von Publikum und Bestuhlung.  
A Publikum auf Holzbestuhlung (Messung in Konzertsälen, 1937); B Publikum auf Polsterbestuhlung (Messung im Hallraum, P. H. PARKIN, 1953); C Polsterbestuhlung allein (Messung im Hallraum, P. H. PARKIN, 1953); D Bestuhlung mit Kunstleder allein (Messung im Konzertsaal, 1955).

Die 10/01

### 3. Grundlagen für die praktische Dimensionierung von Räumen

Bei der praktischen Berechnung des akustischen Verhaltens eines Raumes handelt es sich im wesentlichen darum, aus den verfügbaren theoretischen Grundlagen die brauchbaren Überlegungen zu kombinieren. Die geometrische, wie auch die statistische und die wellentheoretische Raumakustik führen alle zu Resultaten und Schlüssen, die für die Konstruktion eines Raumes unmittelbar angewendet werden können. Eine Zusammenstellung aller praktisch wichtigen Faktoren ergibt, dass die folgenden 3 Grössen das akustische Verhalten eines Raumes vollständig bestimmen:

- a) das Volumen des Raumes;
- b) die Form des Raumes;
- c) die Nachhallzeit des Raumes.

#### Das Volumen

Wenn das Volumen eines Raumes zunimmt, nimmt auch seine Oberfläche  $S$  und damit die totale Absorption  $A$  zu. Da man es aber grundsätzlich immer mit einer begrenzten und bestimmten Leistung  $P$  der Schallquellen zu tun hat, sinkt mit zunehmender Absorption  $A$  auch die sich im Raum einstellende Energiedichte  $W$  nach der schon erwähnten Beziehung:

$$W = \frac{4P}{cA}$$

Die Schallquellenleistung  $P$  ist durch die Art der Schallquelle gegeben, sie ist zum Beispiel klein für einen einzelnen Sprecher oder ein Soloinstrument und entsprechend gross für ein grosses Symphonieorchester, einen Chor, eine Orgel usw. Die notwendige Energiedichte  $W$  ist bestimmt durch die im Raum gewünschte Lautstärke, sie ist also von den Eigenschaften des menschlichen Ohres abhängig.

Diese Überlegungen führen zum Schluss, dass es für jede Art von Schallquelle ein ganz bestimmtes *maximales Volumen* des betreffenden Raumes gibt; es handelt sich hier um ein einfaches Energieproblem: Die zur Verfügung stehende Schallenergie bestimmt die maximale Grösse des Raumes.

Es ist leicht möglich, dieses maximale Volumen auf Grund der oben angegebenen Beziehung auszurechnen. Immerhin sind die rechnerischen Unterlagen recht unbestimmt, da die Schallquellenleistung auch für eine und dieselbe Schallquelle (zum Beispiel einen Sprecher) in weiten Grenzen schwanken kann, und ferner die für den Hörer zulässige Lautstärke sehr stark von äusseren Faktoren, hauptsächlich vom Störgeräusch, abhängig ist. Die Annahme mittlerer Zahlenwerte ergibt die nachstehenden Saalvolumina, die sich sehr gut mit vielen praktischen Erfahrungen decken.

Art der Schallquelle	Maximales Raumvolumen
Durchschnittlicher Redner . . . . .	3000 m <sup>3</sup>
Geübter Redner . . . . .	6000 m <sup>3</sup>
Instrumental- oder Vokalsolist . . . . .	10000 m <sup>3</sup>
Grosses Symphonieorchester . . . . .	20000 m <sup>3</sup>
Massenchöre . . . . .	50000 m <sup>3</sup>

Wenn diese Maximalvolumina überschritten werden müssen, um einer bestimmten Zahl von Zuhörern Platz zu bieten, besteht die Möglichkeit, die zur Verfügung stehende Schallquellenleistung durch eine *Lautsprecheranlage* künstlich zu vergrössern; in diesem Falle besteht dann theoretisch keine obere Grenze mehr für das Volumen.

#### Die Form

Bei der Bestimmung der Form eines Raumes wird gewöhnlich zunächst die Frage nach dem Verhältnis zwischen Länge, Breite und Höhe gestellt. In der älteren Literatur findet man, dass diese Frage direkt als das Kardinalproblem der Raumakustik betrachtet wird, und es wurden früher eigentliche Rezepte angegeben, deren peinlich genaue Befolgung für die Erzielung einer guten Raumakustik als unerlässlich dargestellt wurde. Die bekanntesten dieser Verhältnisse sind 2:3:5, ferner der goldene Schnitt, dann  $1:\sqrt[3]{2}:\sqrt[3]{4}$  usw. Heute ist es möglich, die Frage nach günstigen oder ungünstigen Raumproportionen mit Hilfe der Wellenakustik einwandfrei zu beantworten, wenigstens für einfache Raumformen wie den Rechteckraum. Die Seitenverhältnisse eines Parallelepipeds sind nämlich so zu wählen, dass die Eigenfrequenzen des Raumes möglichst gleichmässig verteilt sind. Daraus geht sofort hervor, dass ganzzahlige Verhältnisse zu vermeiden sind.

Von R. H. BOLT stammt eine praktisch sehr leicht anwendbare Darstellung der zulässigen Raumproportionen für kleine Rechteckräume und tiefe Frequenzen (Abb. 48 und 49). Es zeigt sich, dass die obenerwähnten, in der Architektur