

IBP-MITTEILUNG

563

46 (2019) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Alexander Dickschen, Moritz Späh

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0

www.ibp.fraunhofer.de

Literatur

[1] DIN 18041: Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Berlin: Beuth, März 2016.

[2] Lazarus, H.: «Prediction of verbal communication in noise – A development of generalized SIL curves and the quality of communication (Part 2)». *Applied Acoustics*, Bd. 20, Nr. 4, S. 245–261, 1987.

[3] Rindel, J. H.: «Verbal communication and noise in eating establishments». *Applied Acoustics*, Bd. 71, Nr. 12, S. 1156–1161, Dez. 2010.

AKUSTISCHES MODELL ZUR PLANUNG VON (BETRIEBS-)RESTAURANTS

EINLEITUNG

Gutes Essen und eine angenehme Unterhaltung schätzen die meisten Menschen, die ein Restaurant aufsuchen. Idealerweise bieten Restaurants Raum bzw. Räume für eine ungestörte Kommunikation. Dazu soll es weder zu leise noch zu laut sein. In zu leisen Räumen wird mitunter Hintergrundmusik eingespielt, um zwischen den Tischen die Diskretion für die Gäste zu erhöhen. Sehr lebendige, laute Gaststätten gibt es dagegen häufiger. Gespräche können hier wegen zu geringer Sprachverständlichkeit nicht oder nur unter großer Höranstrengung geführt werden. Um dies zu vermeiden, bedarf es einer genauen Raumplanung.

AKUSTISCHE ZIELGRÖSSEN

Die Auslegung der meisten Speiseräume erfolgt derzeit anhand der Nachhallzeit im Raum [1]. Für die Sprachverständlichkeit ist jedoch zusätzlich das Hintergrundgeräusch im Gastraum ausschlaggebend: es entsteht hauptsächlich durch Gespräche. Anhand fundamentaler Akustikformeln wird gezeigt, welchen Einfluss das auf die Sprachverständlichkeit hat. Es ist zielführend, bei Beratungen der Raumakustik die Sprachverständlichkeit in den Vordergrund zu stellen, statt Nachhallzeiten zu diskutieren, die nur indirekt wirken.

Anhand eines Beispielrestaurants mit 260 Sitzplätzen wird diese Vorgehensweise aufgezeigt und mit einer Auslegung nach DIN 18041:2016 [1] verglichen.

SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Die Sprachverständlichkeit kann in erster Näherung anhand des Signal-Rausch-Abstandes SNR beurteilt werden. Dazu wird nach Gleichung 1 (Gl. 1) vom erwünschten Schalldruckpegel eines Gesprächs (bzw. Signals) L_{sig} der Pegel des Hintergrundgeräusches L_{bgn} (bgn: background noise) abgezogen:

$$SNR = L_{sig} - L_{bgn} \quad (1)$$

$$= 10 \cdot \log \left(\frac{p_{sig}^2}{p_{bgn}^2} \right).$$

Eine Zusammenfassung in [2] stellt dem SNR die Sprachverständlichkeit in Worten beschrieben gegenüber. Tabelle 1 gibt die Klassen und SNR -Bereiche wieder.

Tabelle 1 Sprachverständlichkeit

Klasse	SNR [dB]	
	von	bis
unzureichend	-∞	-3
ausreichend	-3	0
befriedigend	0	3
gut	3	9
sehr gut	9	∞



AKUSTISCHES MODELL

In einem Restaurant kann vereinfacht angenommen werden, dass das (Sprach-)Signal hauptsächlich aus dem Direktschalldruck

$$p_{\text{direkt}}^2 = \frac{W \rho_0 c_0 Q_0}{4\pi r^2} \quad (2)$$

besteht. Dabei ist W die Schalleistung der Quelle, ρ_0 die Dichte der Luft, c_0 die Schallgeschwindigkeit, Q_0 der Direktionalitätsfaktor des menschlichen Sprechers und r der Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger. Das Störsignal wird durch die Anzahl der anderen sprechenden Personen im Raum N_s als Diffusschalldruck verursacht. Unterstellt man, dass die Entfernung zwischen den Tischen deutlich größer als der Hallradius ist ($d \gg r_H$), so gilt für den Diffusschalldruck

$$p_{\text{diffus}}^2 = \frac{4N_s W \rho_0 c_0 (1 - \alpha)}{S \alpha} \quad (3)$$

Dabei ist α der gemittelte Absorptionsgrad und S die Summe aller Oberflächen des Raums. Daraus ergibt sich

$$SNR = 10 \cdot \log \left(\frac{S \alpha Q_0}{16\pi r^2 N_s (1 - \alpha)} \right) \quad (4)$$

unter der Annahme, dass die Schalleistung aller Quellen im Raum gleich groß ist. Diese Annahme ist im diffusen Schallfeld plausibel, da alle Personen dem gleichen Hintergrundgeräusch und Lombard-Effekt unterworfen sind. Mit Wegfall der Schalleistung W der Sprecher in Gl. 4 entfällt implizit auch die Wirkung des Lombard-Effekts, der die Steigerung der Stimmintensität verursacht. Aus Gl. 4 lässt sich ableiten, dass der SNR und damit die Sprachverständlichkeit im Wesentlichen durch

- die Schallabsorptionsfläche S ,
- den mittleren Absorptionsgrad α ,
- den Direktionalitätsfaktor Q_0 ,
- den Abstand zwischen Sprecher und Empfänger r sowie
- die Anzahl sprechender Personen N_s bestimmt wird.

Daraus wird ersichtlich, dass die äquivalente Absorptionsfläche zwar wichtig ist, die Anzahl der sprechenden Personen im Raum sowie deren Abstand zueinander aber genauso berücksichtigt werden müssen. Nicht berücksichtigt in Gl. 4 werden die Schallabsorption der anwesenden Personen sowie ein stationäres Hintergrundgeräusch, das in Restaurants meist deutlich unter Sprachpegeln liegt.

BEISPIEL

Als Anwendungsbeispiel dient ein Betriebsrestaurant mit 260 Sitzplätzen. Die Abmessungen sind $L = 25,2$ m, $B = 17,1$ m und $H = 4,6$ m sowie $S = 1251$ m² und $V = 1982$ m³. Der gemittelte Schallabsorptionsgrad aller Oberflächen beträgt $\alpha = 0,26$, was einer äquivalenten Absorptionsfläche $A = 325$ m² entspricht. Mit $Q_0 = 2$ für den Sprecher und einem Abstand zwischen Sprecher und Zuhörer von $r = 1$ m erhält man die Daten in Diagramm 1 für diesen Raum.

Der SNR aus Gl. 4 wurde mit [3, Gl. 9] verglichen und validiert. Eine geringe Abweichung resultiert aus der Vereinfachung der Raumkonstante $(1 - \alpha) \approx 1$ in [3]. Aus dieser Veröffentlichung wird auch entnommen, dass in Betriebsrestaurants drei bis vier Personen an einem Gespräch beteiligt sind. Das bedeutet, dass für das Beispielrestaurant bei voller Belegung mindestens 65 Gespräche (senkrechte, gestrichelte Linie in Diagramm 1) parallel stattfinden, was zu unzureichender Sprachverständlichkeit mit

$SNR \approx -6$ dB führt. In Diagramm 1 sind zudem die Absorptionsflächen angegeben, die benötigt werden, um die untere Grenze der Sprachverständlichkeitsklassen nach Tabelle 1 sicherzustellen. Beispielsweise werden 708 m² äquivalente Absorptionsfläche benötigt, um $SNR = 0$ dB und damit eine befriedigende Sprachverständlichkeit zu erreichen.

VERGLEICH MIT DER NORM

DIN 18041:2016 nennt in Gruppe B Speiseräume, Ausgabebereiche und Kantinen, auch für Schulen, Kitas und Krankenhäuser. Die Anforderungen hängen von Raumhöhe und -volumen ab. Der Vergleich der Anforderungen zwischen Tabelle 2 und den Angaben in Diagramm 1 zeigt, dass nach Norm weniger Schallabsorption veranschlagt wird, als das akustische Modell nach Gl. 4 nahelegt. Weder der Normtext noch der zugehörige Kommentar geben Hinweise auf die zu erwartende Qualität, die durch die Stufen B3-B5 erreicht werden soll.

Tabelle 2 Normauslegung Beispielobjekt

DIN 18041	Äq. Absorptionsfläche A
B3	> 317 m ²
B4	> 378 m ²
B5	> 432 m ²

FAZIT

Der Vorteil des vorgestellten Modells liegt darin, dass im Beratungsprozess wichtige Einflüsse aufgezeigt werden können und die Sprachverständlichkeit als wesentliche Zielgröße direkt adressiert wird. Gelungene Raumakustik umfasst schallabsorbierende Maßnahmen, muss jedoch zusätzlich die geplante Personenzahl im Raum, Nutzung und Anordnung der Tische berücksichtigen. Das beschriebene akustische Modell ermöglicht die Planung von (Betriebs-)Restaurants auf dieser Grundlage.

- 1 Dichte Bestuhlung und schallharte Oberflächen führen zu hohen Pegeln im Raum und geringer Sprachverständlichkeit an den Tischen.

Diagramm 1: SNR mit den Daten des Beispielrestaurants.

