

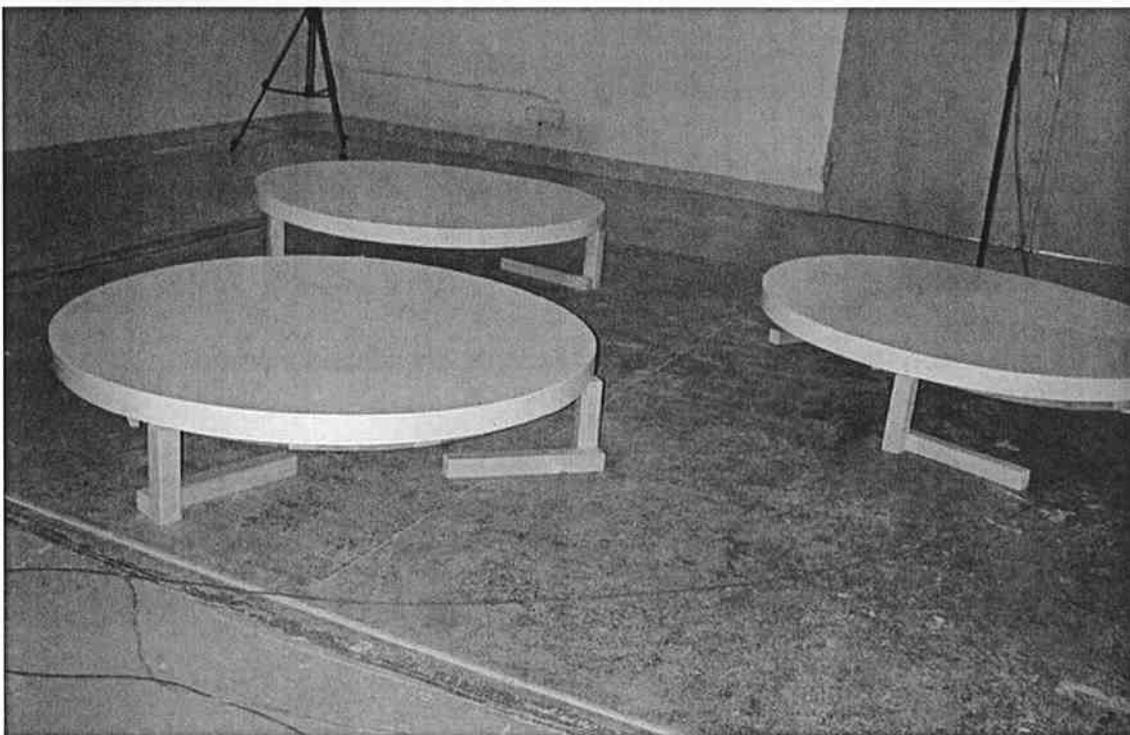
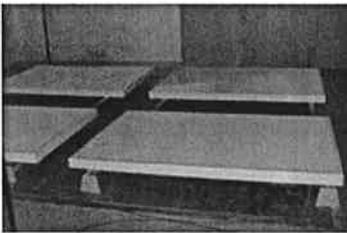
Berücksichtigung der rückseitigen Absorption von Deckensegeln

Jürgen Maack ^{*)}

1. EINLEITUNG

Neben den klassischen flächenhaften Schallabsorbern (abgehängte Unterdecken, Wandabsorber, aber auch schallabsorbierende Hohlböden [8]) werden heutzutage zunehmend Einzelabsorber zur Schaffung günstiger raumakustischer Bedingungen eingesetzt, z. B. schallabsorbierende Möbel, schallabsorbierende Stellwände oder auch schallabsorbierende Deckensegel. Derartige Konstruktionen sind mittlerweile fester Bestandteil der am Markt erhältlichen Produktpaletten.

Bild 1 zeigt Prüfanordnungen verschiedener Deckensegel im Hallraum.



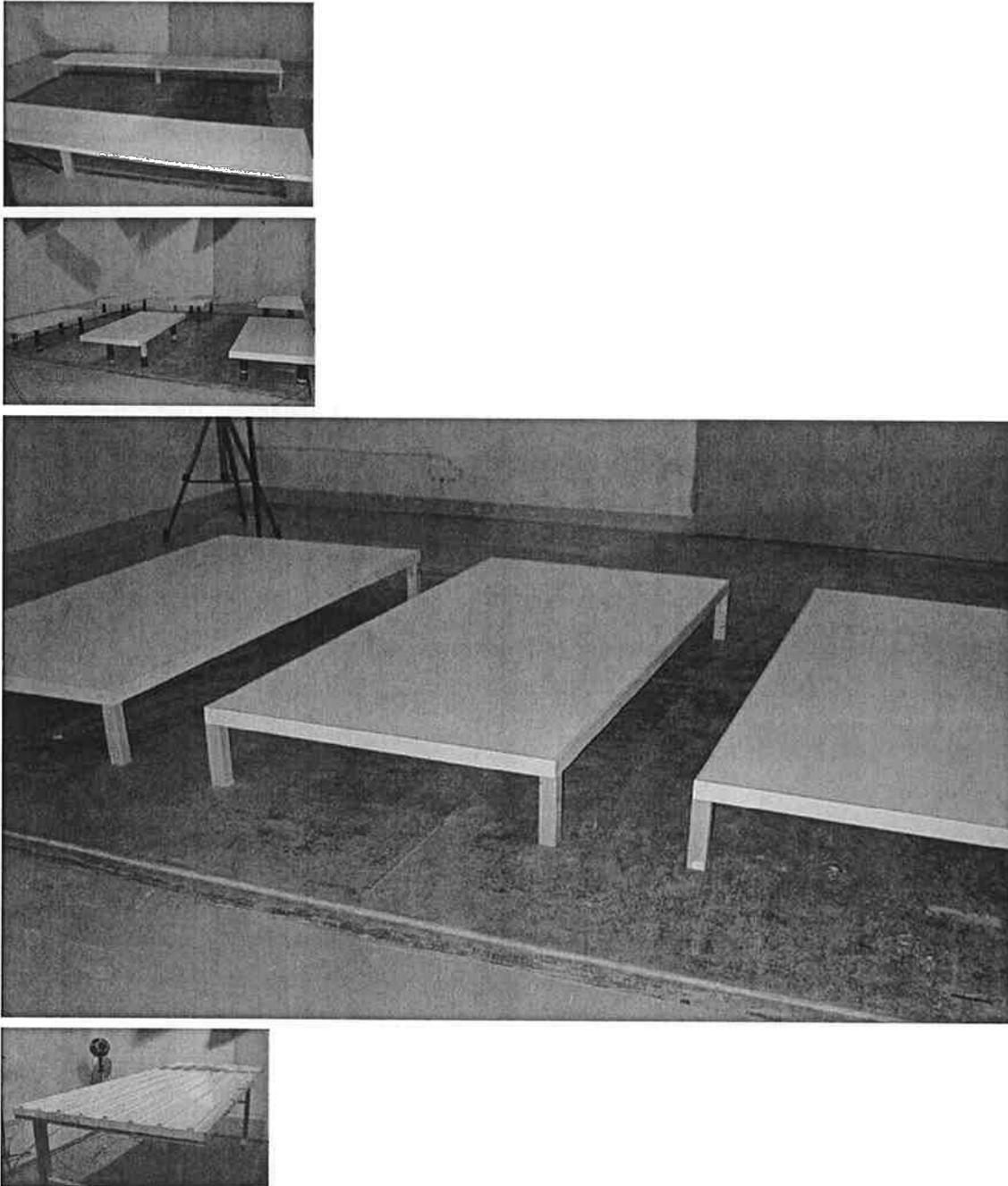


Bild 1: Beispiele von Prüfanordnungen verschiedener schallabsorbierender Deckensegel im Hallraum [1]

^{*)} Dipl.-Phys. Dr. Jürgen Maack (44), Studium Universität Göttingen, Projektleiter und Gesellschafter der ITA - Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH in Wiesbaden (Eignungs- und Güteprüfstelle für den Schallschutz im Hochbau, amtlich benannte Messstelle nach § 26 BImSchG, Prüfstelle zur Erteilung Allgemeiner Bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse), Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger "Technische Akustik und Erschütterungsschutz", IHK Darmstadt

Die Materialien der Deckensegel sind vielfältig. Verwendet werden u. a.:

- Gipskarton-Lochplatten mit Akustikvlies und Mineralfaser(MF)-Hinterlegung
- gelochtes Stahlblech mit Akustikvlies und MF-Hinterlegung
- poröse Absorber (z. B. Melaminharzschaum, Glasgranulat, u. ä.)
- geschlossene Deckensegel mit MF-Hinterlegung

Wie nachfolgend gezeigt, sind die mit Deckensegeln erreichbaren Werte der Schallabsorption ausgesprochen hoch, wenn eine MF-Hinterlegung (bzw. Hinterlegung aus einem anderen schallschluckenden Material) erfolgt. So können – ggf. ergänzt durch andere Absorber – hohe Raumbedämpfungen realisiert werden, wie z. B. für Großraumbüros erforderlich [5 ,9].

Hinter dem Einsatz von schallabsorbierenden Deckensegeln steht - neben gestalterischen Gründen - vielfach das Gebäudekonzept der bauteilaktivierten Decken, was vollflächige abgehängte Unterdecken ausschließt.

2. EXKURS – ZUR SCHALLABSORPTION FLÄCHENHAFTER ABSORBER

Bevor die schallabsorbierenden Besonderheiten von Deckensegeln diskutiert werden, ist ein kurzer Exkurs über flächenhafte Schallabsorber hilfreich. Die Kenngröße der Schallabsorption ist hierfür der auf die Fläche bezogene Schallabsorptionsgrad α_s [2].

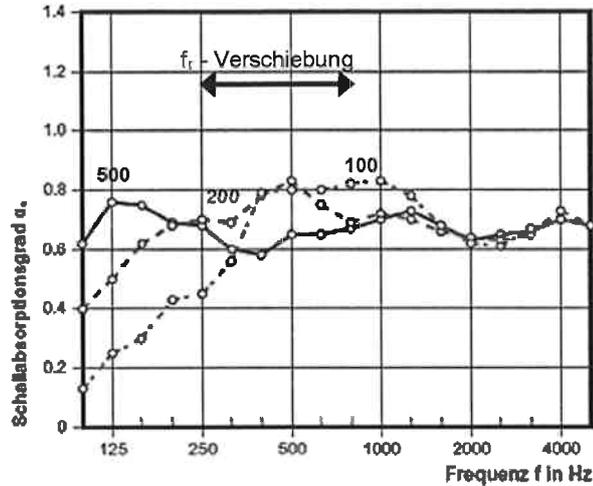
Nachfolgend sind im Hallraum gemessene Schallabsorptionsgrade α_s gezeigt:

- Gipskarton-Lochplatten mit beidseitiger Vlieskaschierung (siehe Bild 2)
- gelochte Metallkassetten, rückseitig vlieskaschiert (siehe Bild 3)

Der hochfrequente Schallabsorptionsgrad ist i. d. R. unabhängig von der Hohlraumtiefe (gilt nicht für extrem niedrige Hohlraumtiefen). Dabei bewirkt eine Hohlraumbedämpfung aus Mineralfaser-Dämmplatten nur eine geringfügige Änderung (i. d. R. Erhöhung) der Schallabsorption [1, 3, 4].

GKL-Platte ohne MF-Hinterlegung

- Hohlraumtiefe $h = 500$ mm, $\alpha_w = 0,70$
- Hohlraumtiefe $h = 200$ mm, $\alpha_w = 0,70$
- Hohlraumtiefe $h = 100$ mm, $\alpha_w = 0,70$



GKL-Platte mit/ohne MF-Hinterlegung

(30 mm Mineralfaser-Dämmplatten)

Hohlraumtiefe $h = 200$ mm

- mit MF-Hinterlegung, $\alpha_w = 0,75$
- ohne MF-Hinterlegung, $\alpha_w = 0,70$

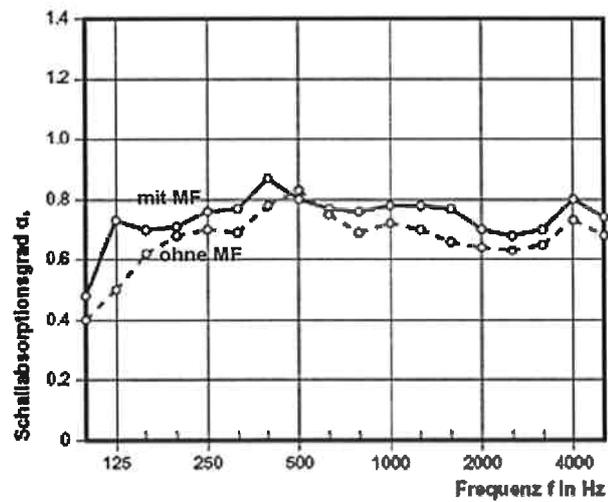
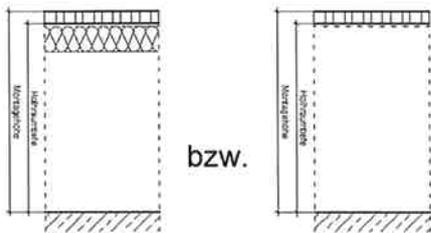
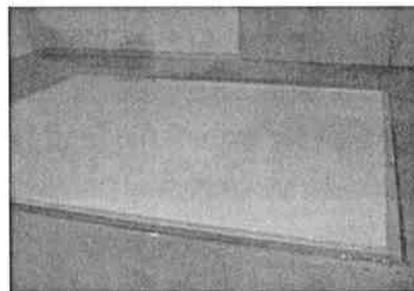
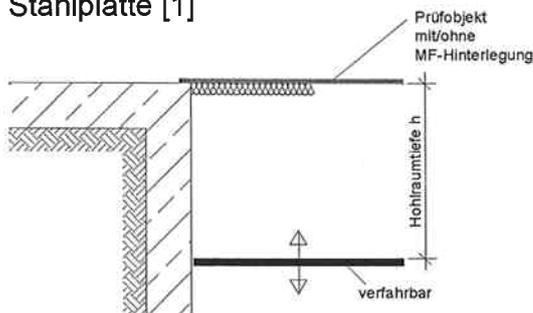


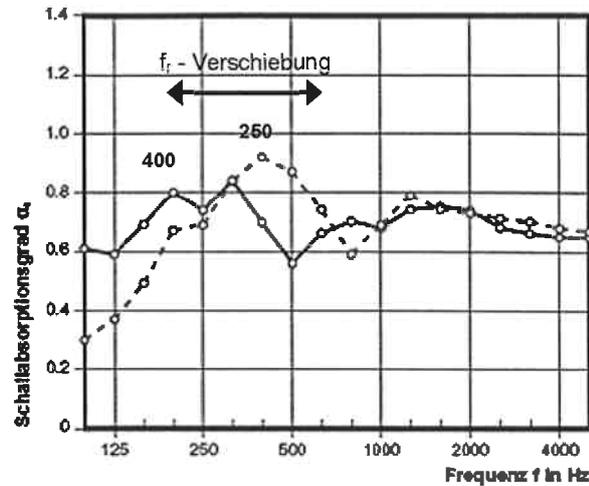
Bild 2: Schallabsorptionsgrad einer abgehängten Unterdecke aus 12,5 mm Gipskarton-Lochplatten (GKL-Platten), Lochflächenanteil 19 %, beidseitig vlieskaschiert bei verschiedenen Hohlraumtiefen h

Messung im ITA-Hallraum mit unter dem Prüfobjekt absenkbarer schwerer Stahlplatte [1]



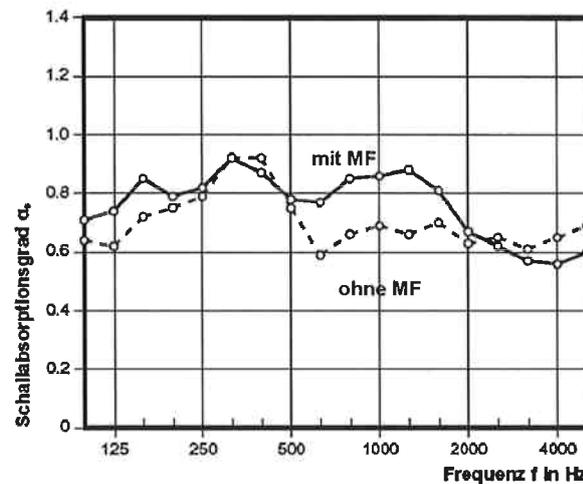
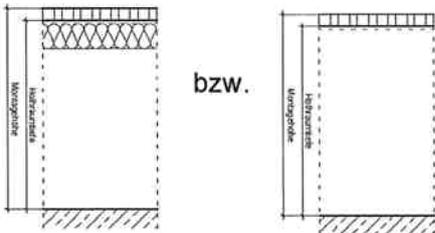
**gelochte Metallkassette, rückseitig
vlieskaschiert ohne MF-Hinterlegung**

- Hohlraumtiefe $h = 400$ mm, $\alpha_w = 0,70(L)$
- Hohlraumtiefe $h = 250$ mm, $\alpha_w = 0,75$



**gelochte Metallkassette^{*)} rückseitig
vlieskaschiert mit/ohne MF-Hinterlegung
(30 mm Mineralfaser-Dämmplatten),
Hohlraumtiefe $h = 300$ mm**

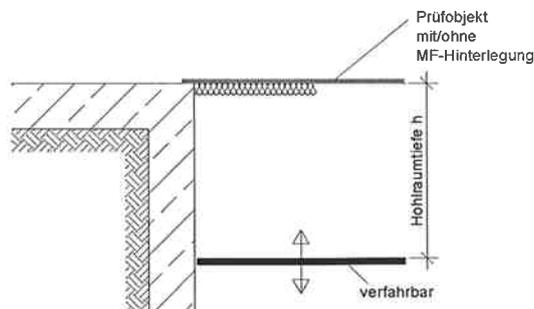
- ohne MF-Hinterlegung, $\alpha_w = 0,70(L)$
- mit MF-Hinterlegung^{**)}, $\alpha_w = 0,75(L)$



^{*)} anderes Lochbild, aber gleicher Lochflächenanteil wie oben

^{**)} in dünner PE-Folie eingeschweißt

Bild 3: Schallabsorptionsgrad einer abgehängten Unterdecke aus gelochten Metallkassetten, rückseitig vlieskaschiert, bei verschiedenen Hohlraumtiefen h bzw. mit und ohne Hinterlegung aus Mineralfaser-Dämmplatten
Messung im ITA-Hallraum mit unter dem Prüfobjekt absenkbarer schwerer Stahlplatte [1]



Es existiert eine Resonanzfrequenz f_r im mittel- und tieffrequenten Bereich (üblicherweise im Frequenzbereich 100 Hz bis 1.000 Hz), die mit zunehmender Hohlraumtiefe zu tiefen Frequenzen hin verschoben wird [1, 3, 4] (eine Verdopplung der Hohlraumtiefe führt zu einer Verminderung der Resonanzfrequenz um den Faktor $\sqrt{2}$). Eine Hohlraumbedämpfung aus Mineralfaser-Dämmplatten, bewirkt - insbesondere bei Hohlraumtiefen von etwa 60 bis 200 mm - eine deutliche Erhöhung der Schallabsorption [1].

Im ITA-Hallraum kann zur Einstellung der Hohlraumtiefe unterhalb des Prüfobjektes eine schwere Stahlplatte abgesenkt werden (siehe schematische Prüfanordnung in den Bildern 2 und 3). Dadurch eignet sich der ITA-Prüfstand in besonderem Maße für messtechnische Untersuchungen zum Einfluss der Hohlraumtiefe.

3. RÜCKSEITIGE SCHALLABSORPTION VON DECKENSEGELN

3.1 Neue Kenngröße für die Schallabsorption von Deckensegeln

Dem Formalismus nach DIN EN ISO 354 [2] folgend, sind Deckensegel Einzelabsorber und der (flächenbezogene) Schallabsorptionsgrad α_s kann **nicht** ausgewertet werden. Die Schallabsorption wird stattdessen durch die äquivalente Schallabsorptionsfläche A_{Obj} beschrieben.

Der Wert A_{Obj} hat allerdings den gravierenden Nachteil, dass aus ihm allein nicht ablesbar ist, wie wirksam der Schallabsorber in Bezug auf seine Größe ist.

Die stattdessen für die überschlägige Planung geeignete anschauliche Größe ist der flächenbezogene Schallabsorptionsgrad. So sind z. B. auch die Orientierungswerte für Räume der Gruppe B nach Tabelle 6, DIN 18 041 [5] in Bezug auf den bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w angegeben.

Nachfolgend wird daher zur Kennzeichnung der Schallabsorption von Deckensegeln der auf die Ansichtsfläche S bezogen Schallabsorptionsgrade α_s^* verwendet. Diese

„neue“ Kenngröße gilt nur in Bezug auf die untersuchte Prüfanordnung (siehe Abs. 3.2.):

$$\alpha_s^* := \frac{A_{\text{obj}}}{S} \quad (\text{Gl. 1})$$

Dabei bezeichnen:

α_s^* neu definierte Kenngröße des Schallabsorptionsgrads von Deckensegeln, bezogen auf die Ansichtsfläche des Deckensegels S

A_{obj} : äquivalente Schallabsorptionsfläche des Deckensegels in m^2

S: Ansichtsfläche des Deckensegels S in m^2

α_s^* ist entsprechend Gl. 1 aus Schallabsorptionsmessungen im Hallraum [1] zu bestimmen.

Mit dem entsprechend Gl. 1 eingeführten Schallabsorptionsgrad von Deckensegeln α_s^* wird ausdrücklich von DIN EN ISO 354 [2], Abs. 3.9, Anmerkung 1 abgewichen, wonach bei beidseitig beschallten Absorbern der Schallabsorptionsgrad in Bezug auf die Fläche der beiden Seiten des Prüfobjekts ($2 \cdot S$) zu bilden ist.

Für flächenhafte Absorber ist der praktische Schallabsorptionsgrad α_p nach DIN EN ISO 11 654 [6] auf Werte ≤ 1 begrenzt. Dagegen muss diese Begrenzung des praktischen Schallabsorptionsgrads α_p^* nach DIN EN ISO 11 654 [6] für Deckensegel entfallen (bzw. muss auf den Wert 2 gesetzt werden) - für α_p^* und α_w^* können Werte deutlich > 1 auftreten.

3.2 Mechanismus der rückseitigen Schallabsorption

Schall, der von hinten auf das Deckensegel fällt, unterliegt ebenfalls einer Schallabsorption. Der Umfang dieser zusätzlich wirksamen Schallabsorption hängt - wie in Bild 4 veranschaulicht - direkt zusammen mit:

- der Anordnung der Deckensegel im Raum – Abmessungen der Deckensegel in Verbindung mit der wirksamen Abhängehöhe
- Schallabsorptionseigenschaften der Deckenrückseite

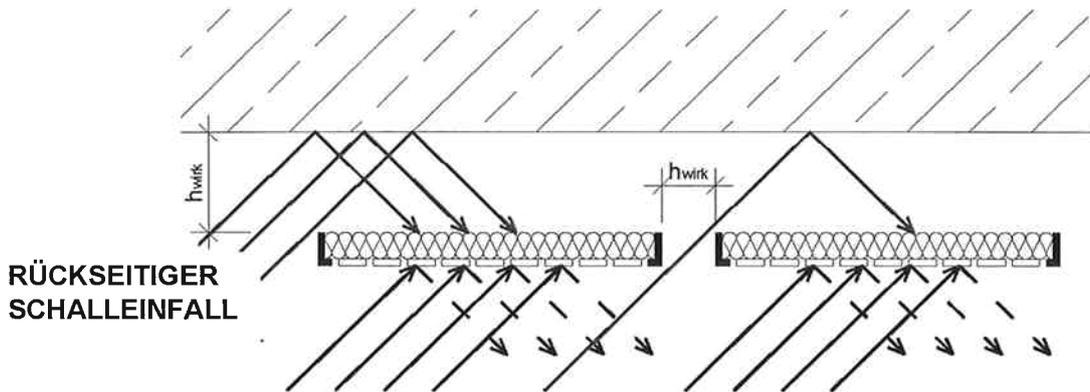


Bild 4: Zum Mechanismus der rückseitigen Schallabsorption von Deckensegeln

Dabei bezeichnen:

U: Umfang des Deckensegels in m

h_{wirk} : wirksame Abhängeöffnung (Minimum aus Abhängehöhe, Wandabstand, Abstand zum benachbarten Deckensegel) in m

$\Delta S = U \cdot h_{\text{wirk}}$: zusätzliche Fläche mit schallabsorbierender Wirkung in m^2

S: Ansichtsfläche des Deckensegels in m^2

$\frac{\Delta S}{S}$: zusätzlicher Flächenanteil mit schallabsorbierender Wirkung

Die Schallabsorption des Deckensegels A_{Obj} ist höher, als die eines flächenhaften Schallabsorbers gleicher Fläche:

$$A_{\text{Obj}} = S \cdot \alpha_s + \Delta S \cdot \alpha_{\text{rückseitig}} \quad (\text{Gl. 2})$$

Dabei bezeichnen:

A_{Obj} : äquivalente Schallabsorptionsfläche des Deckensegels in m^2

$S \cdot \alpha_s$: äquivalente Schallabsorptionsfläche eines flächenhaften Absorbers der Fläche S in m^2

ΔS : zusätzliche Fläche mit schallabsorbierender Wirkung in m^2

$\alpha_{\text{rückseitig}}$: Schallabsorptionsgrad in Bezug auf die zusätzliche schallabsorbierende Fläche ΔS

$\frac{\Delta S}{S}$ ist eine rein geometrische Größe.

In Bezug auf den nach Gl. 1 eingeführten Schallabsorptionsgrad von Deckensegeln ergibt sich:

$$\alpha_s^* := \frac{A_{\text{Obj}}}{S} = \alpha_s + \frac{\Delta S}{S} \alpha_{\text{rückseitig}} \quad (\text{Gl. 3}) \quad \text{bzw.}$$

$$\alpha_s^* - \alpha_s = \frac{\Delta S}{S} \alpha_{\text{rückseitig}} \quad (\text{Gl. 4})$$

Man erkennt anhand von Gl. 3 bzw. Gl. 4 deutlich die „Stellschrauben“, mit denen eine möglichst hohe Schallabsorption erreicht wird:

- möglichst große zusätzliche Fläche mit schallabsorbierender Wirkung $\frac{\Delta S}{S}$, z.B.
 - große Abhängenhöhe und ausreichend großer Abstand zwischen den einzelnen Deckensegeln (großes h_{wirk})
 - kleine Einzelabsorber (möglichst großes Verhältnis $\frac{U}{S}$)
- hohe Schallabsorption in Bezug auf die in Bezug auf die zusätzliche schallabsorbierende Fläche (z. B. MF-Hinterlegung)

4. MESSERGEBNISSE SCHALLABSORBIERENDE DECKENSEGEL

4.1 Deckensegel aus Gipskarton-Lochplatten (GKL-Deckensegel)

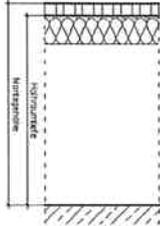
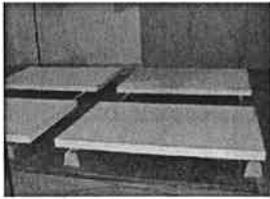
Messergebnisse zur Schallabsorption von Deckensegeln aus Gipskarton-Lochplatten (GKL-Deckensegel) verschiedener Größe und Abhängenhöhe sowie mit und ohne Mineralfaser-Hinterlegung sind in Bild 5 gezeigt.

- Mit wachsender Abhängehöhe kommt es zu einer ganz wesentlichen Zunahme der Schallabsorption, insbesondere im hochfrequenten Bereich.
- Durch eine Mineralfaser-Hinterlegung wird die Schallabsorption ganz wesentlich erhöht.
- kleine Deckensegel haben eine höhere Schallabsorption, als große Deckensegel
(Verhältnis $\frac{U}{S}$)

4.2 Deckensegel aus gelochten Metallkassetten

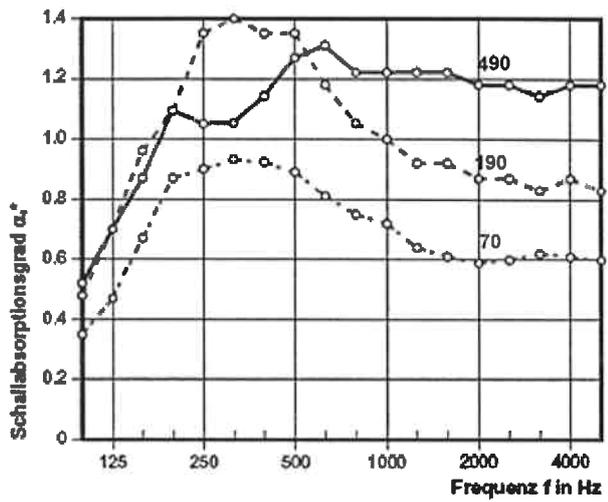
Messergebnisse zur Schallabsorption von Deckensegeln aus gelochten Metallkassetten verschiedener Größe und Abhängehöhe sowie mit und ohne Mineralfaser-Hinterlegung sind in Bild 6 gezeigt. Es zeigen sich analoge Ergebnisse, wie für GKL-Deckensegel.

**Ansichtsfläche S = 2,29 m²
mit 50 mm MF-Hinterlegung**

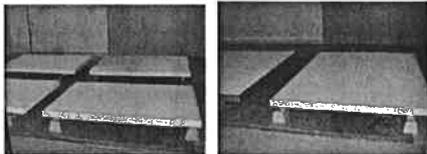


- h = 490 mm: $\alpha_w^* = 1,20(L)$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,86$
- h = 190 mm: $\alpha_w^* = 0,95(L,M)$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,31$
- h = 70 mm: $\alpha_w = 0,70(L)$, $\frac{\Delta S}{S} = 0, \text{)}$

) umlaufend 70 mm hoher reflektierender Rahmen



**Hohlraumtiefe 490 mm
Ansichtsfläche
S = 2,29 m² bzw. S = 4,49 m²**



mit MF:

- S = 2,29 m²: $\alpha_w^* = 1,20(L)$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,86$
- S = 4,49 m²: $\alpha_w^* = 1,10(L)$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,63$

ohne MF:

- S = 2,29 m²: $\alpha_w^* = 0,85$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,86$
- S = 4,49 m²: $\alpha_w^* = 0,75$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,63$

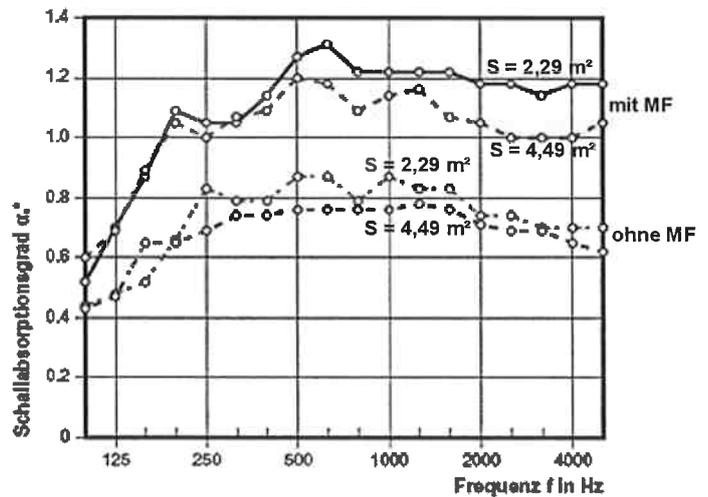
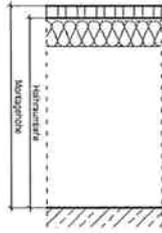
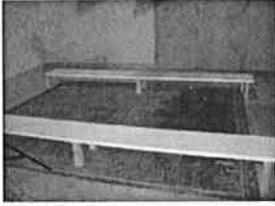


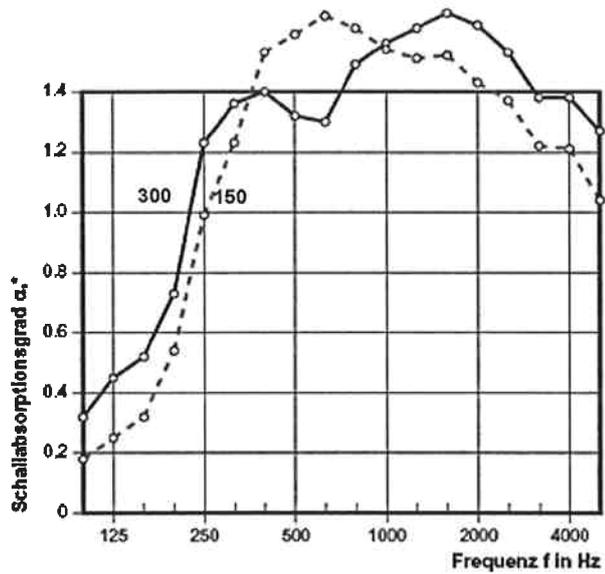
Bild 5: Schallabsorptionsgrad α_s^* von GKL-Deckensegeln, Lochflächenanteil ca. 10 %, rückseitig vlieskaschiert bei verschiedenen Hohlraumtiefen h

Ansichtsfläche: 1,41 m²
mit 20 mm MF-Hinterlegung ^{*)}

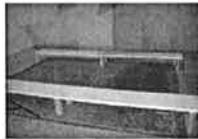


- h = 300 mm: $\alpha_w^* = 1,35(H)$, $\frac{\Delta S}{S} = 1,50$
- h = 150 mm: $\alpha_w^* = 1,20(M)$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,64$

^{*)} in dünner PE-Folie eingeschweißt



Hohlraumtiefe 300 mm
Ansichtsfläche
S = 1,41 m² bzw. S = 2,82 m²



mit MF^{*)}:

- S = 1,41 m²: $\alpha_w^* = 1,35(H)$, $\frac{\Delta S}{S} = 1,50$
- S = 2,82 m²: $\alpha_w^* = 1,20$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,83$

ohne MF:

- S = 1,41 m²: $\alpha_w^* = 0,85$, $\frac{\Delta S}{S} = 1,50$
- S = 2,82 m²: $\alpha_w^* = 0,45$, $\frac{\Delta S}{S} = 0,83$

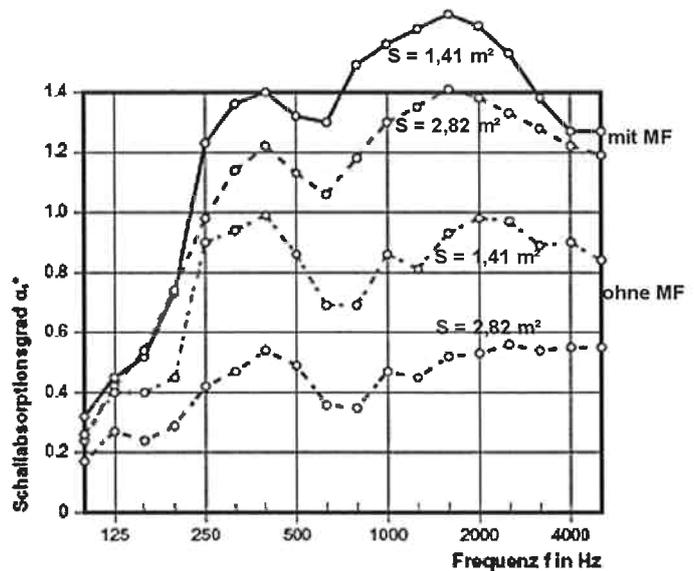


Bild 6: Schallabsorptionsgrad α_s^* von Deckensegeln aus 0,7 mm dicken gelochten Metallkassetten, Lochflächenanteil ca. 20 %, rückseitig vlieskaschiert

4.3 Deckensegel aus porösen Absorbieren

In Bild 7 sind Messergebnisse zur Schallabsorption von Deckensegeln aus porösen Absorbieren (Melaminharzschaum mit Stoffbespannung) gezeigt. Auch hier erkennt man die günstige Wirkung eines möglichst großen $\frac{U}{S}$ -Verhältnisses.

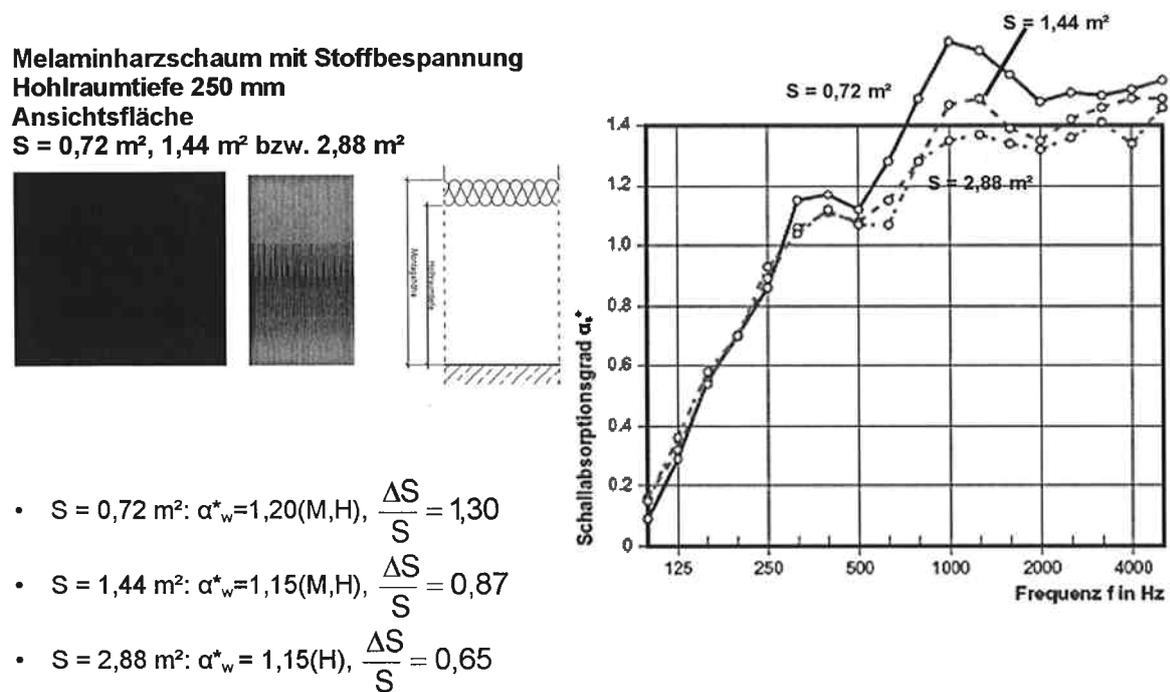
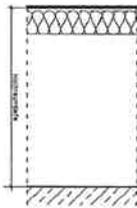


Bild 7: Schallabsorptionsgrad α_s^* von Deckensegeln aus Melaminharzschaum mit Stoffbespannung

4.4 Ungelochte Metallkassetten mit schallabsorbierender Hinterlegung

Eine besonders bemerkenswerte Art von schallabsorbierenden Deckensegeln ist in Bild 8 gezeigt – hierbei besteht die Ansichtsfläche aus einem schallharten Material (in den gezeigten Fällen ungelochtes Stahlblech). Nur die Rückseite des Deckensegels ist durch eine Mineralfaser-Dämmschicht schallabsorbierend ausgeführt.

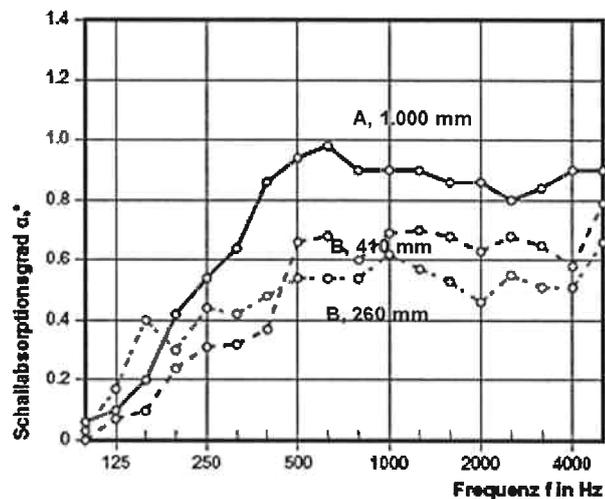
**A: rechteckiges Deckensegel
mit 50 mm MF-Hinterlegung
Ansichtsfläche $S = 3,7 \text{ m}^2$**

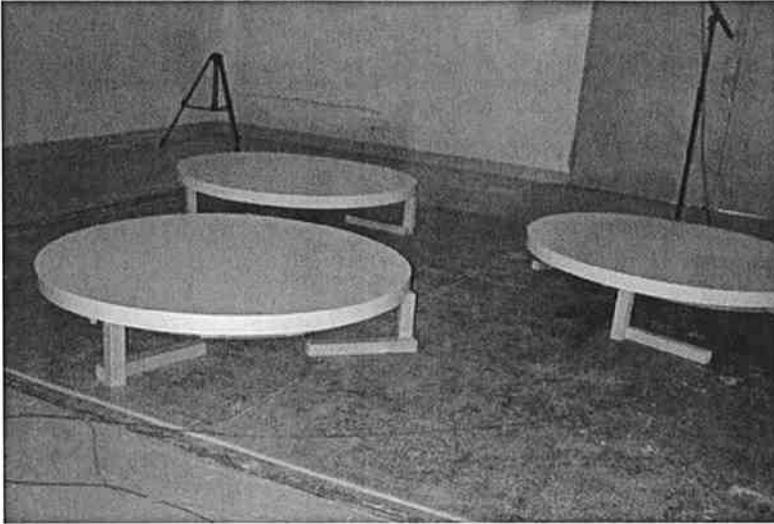


$h = 1.000 \text{ mm}:: \alpha_w^* = 0,85,$

$$\frac{\Delta S}{S} = 2,32$$

**B: runde Deckensegel
mit 20 mm MF-Hinterlegung
Ansichtsfläche $S = 1,32 \text{ m}^2$**





$$h = 410 \text{ mm: } \alpha_w^* = 0,55, \frac{\Delta S}{S} = 1,39$$

$$h = 260 \text{ mm: } \alpha_w^* = 0,55, \frac{\Delta S}{S} = 0,83$$

Bild 8: Schallabsorptionsgrad eines abgehängten Deckensegels aus reflektierendem Material (geschlossenes Stahlblech) mit rückseitiger Auflage aus Mineralfaser-Dämmplatten

Die Schallabsorptionskurve **A**, **1.000 mm** in Bild 8 zeigt den typischen Frequenzverlauf für flach verlegte poröse Schallabsorber – die tieffrequente Schallabsorption ist insbesondere von der Schichtdicke des porösen Absorbers bestimmt. Die Hohlraumtiefe ist mit 1.000 mm so groß gewählt, dass die rückseitige Fläche des Deckensegels praktisch vollkommen wirksam ist ($\frac{\Delta S}{S} = 2,32$).

Die Schallabsorptionskurven **B**, **410 mm** und **B**, **260 mm** weisen demgegenüber eine geringere Schallabsorption auf, was im hochfrequenten Bereich auf den viel geringeren zusätzlichen Flächenanteil mit schallabsorbierender Wirkung $\frac{\Delta S}{S} = 0,89$ bzw.

1,39 zurückzuführen ist.

Man erkennt in Bild 8 auch den Einfluss der dickeren Mineralfaser-Dämmschicht beim Deckensegel **A**: der Anstieg der Schallabsorptionskurve erfolgt bereits bei tieferen Frequenzen, als bei den Kurven **B**.