

Bild 5.27 Ausführungsbeispiel für eine zweischalige Studiowand aus biegesteifen Schalen, von denen eine auf Federbügeln gelagert ist

[258], unterbunden werden. In der Regel sind zusätzliche Maßnahmen wie schwimmender Estrich, abgehängte Unterdecke und Vorsatzschalen an den Seitenwänden nötig. Die konsequente Ausführung dieser zweischaligen Bauart, bei der dann auch die Decken nur auf den vom übrigen Gebäude mittels durchgehender Fugen getrennten Wänden aufliegen, bezeichnet man als „Haus-in-Haus“-Bauweise. Sie ermöglicht eine besonders hohe Schalldämmung und findet vor allem beim Bau von Studios und von Laboratorien für akustische Messungen Anwendung.

Zweischalige Wände aus sehr leichten biegesteifen Schalen können sich akustisch ungünstiger verhalten, als eine einschalige Wand mit derselben Gesamtmasse. Insbesondere sollten Wandaufbauten unter Verwendung von zwei gleichen Schalen, wie an einem Beispiel auf Bild 5.28 gezeigt, vermieden werden. Der Grund für die unbefriedigende Schalldämmung solcher Konstruktionen ist der Koinzidenzeinfluß bei mittleren Frequenzen, der durch den symmetrischen Wandaufbau verstärkt wird. Eine „Verstimmung“ der beiden Schalen durch die Wahl unterschiedlicher Schalendicken oder verschiedenen Materials ist eine wirkungsvolle Maßnahme, um diesen Einfluß abzumindern.

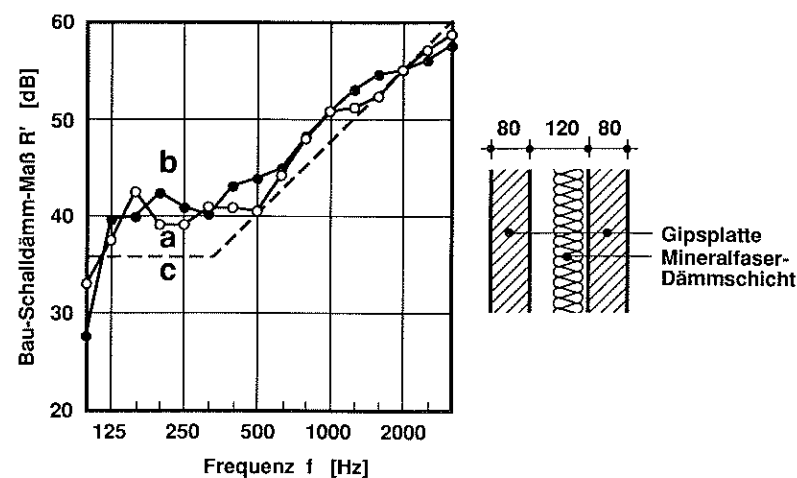


Bild 5.28 Schalldämmung einer zweischaligen Wand aus leichten, biegesteifen Schalen mit symmetrischem Aufbau

- | | |
|--|-----------------------------------|
| a Zwischenraum leer | $R'_{w} = 48 (-1; -4) \text{ dB}$ |
| b Zwischenraum mit Mineralfaserplatten gefüllt | $R'_{w} = 49 (-1; -5) \text{ dB}$ |
| c gleichschwere Einfachwand (schematisiert) | |

5.2.1.5 Zweischalige Wände aus einer biegesteifen und einer biegeweichen Schale (Wände mit Vorsatzschalen)

Die Kombination aus einer schweren biegesteifen und einer leichten biegeweichen Wandschale ist akustisch eine günstige Lösung, wenn die Resonanzfrequenz des Masse-Feder-Systems richtig gewählt ist und der Koinzidenzeffekt der einzelnen Schalen beachtet wird. Eine starke „Verstimmung“ der beiden Schalen wird dabei dadurch realisiert, daß die Koinzidenzgrenzfrequenz der schweren Schale zu den möglichst tiefen, die der leichten dagegen zu den hohen Frequenzen hin „verschoben“ wird (s. Gln. (5.63) oder (5.64)). So können die hohe Masse der biegesteifen Schale und die geringe Schallabstrahlung der biegeweichen Schale optimal ausgenutzt werden. Die biegesteife Schale ist dabei im Regelfall die tragende konstruktive Wand, die z. B. aus Mauerwerk oder Beton besteht. Vor dieser Massivwand wird die zweite Schale, die sogenannte **Vorsatzschale** errichtet. Als Vorsatzschalen dienen meist dünne, 10 bis 30 mm dicke Platten, z. B. Gipskarton-, Span- oder Faserzementplatten, Holzwole-Leichtbauplatten, Holzverschalungen usw. Im Hinblick auf eine möglichst niedrige Resonanzfrequenz ($f_0 < 80 \text{ Hz}$ ist anzustreben) liegt der optimale Abstand zwischen 40 und 80 mm. Da die flächenbezogene Masse der Massivwand üblicherweise groß gegenüber der der Vorsatzschale ist, läßt sich die Resonanzfrequenz vereinfacht auch aus

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz} \quad (5.77)$$

für eine direkt über eine Dämmschicht der dynamischen Steifigkeit s' (in MN/m^3) befestigte Vorsatzschale (Verbundplatte) oder aus

$$f_0 = 510 \sqrt{\frac{1}{m'd_k}} \text{ Hz} \quad (5.78)$$

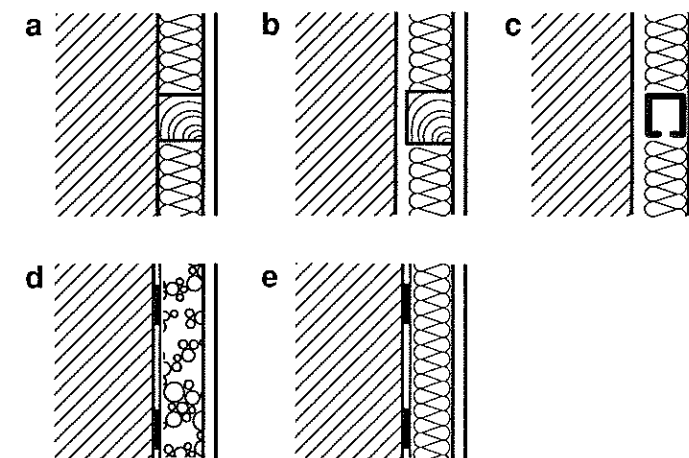


Bild 5.29 Ausführungsbeispiele von Massivwänden mit biegeweichen Vorsatzschalen

- a mit angedübeltem Holzständerwerk (Verbesserung gering)
- b mit freistehendem Holzständerwerk (Verbesserung groß)
- c mit freistehendem Metallständerwerk (Verbesserung groß)
- d als Verbundplatten aus Polystyrol-Hartschaumplatten und Gipskartonplatten (Verbesserung von s' abhängig)
- e als Verbundplatten aus Mineralfaserplatten und Gipskartonplatten Befestigung punkt- oder linienförmig (Verbesserung von s' abhängig)

für eine im Abstand d_L (in cm) freistehende Vorsatzschale (z. B. an Ständern) mit loser Dämmstofffüllung im Zwischenraum bestimmen. Es ist

m' flächenbezogene Masse der Vorsatzschale in kg/m^2

Beispiel

Rechnet man mit einer flächenbezogenen Masse von ungefähr 12 kg/m^2 für eine freistehende Vorsatzschale (z. B. 12,5 mm dicke Gipskartonplatte), so ergibt sich aus Gl. (5.78) für eine gewünschte Resonanzfrequenz von 63 Hz ein Wandabstand von etwa 5,5 cm.

Um die Vorsatzschale befestigen und einen ausreichenden Abstand zur Massivwand gewährleisten zu können, wird in der Regel eine **Unterkonstruktion** benötigt. Hierzu dient meistens ein hölzernes oder metallisches Ständerwerk. Der Hohlraum wird mit porösem Schallabsorptionsmaterial (längenbezogener Strömungswiderstand $r > 5 \text{ kPas/m}^2$) gefüllt. Der Füllungsgrad soll nicht unter 60% liegen. Der Einfluß der Hohlraumbedämmung ist bei diesen Wandarten besonders groß. Bei speziellen Konstruktionen (Verbundplatten) übernimmt eine etwas steifere Dämmschicht die Rolle der Unterkonstruktion.

Bild 5.29 zeigt einige prinzipielle **Ausführungsbeispiele** von Wänden mit Vorsatzschalen. Der Verlauf des Luftschallverbesserungsmaßes von drei typischen Vorsatzschalen ist auf Bild 5.30 in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Es ist dabei deutlich zu erkennen, daß die Art der Befestigung der Unterkonstruktion an die tragende Wand eine entscheidende Auswirkung hat. Ungünstig ist es, wenn die biegeweichen Platten an angedübelten Ständerwerken oder gar direkt an der Tragwand befestigt werden. Günstig ist eine Befestigung mit-

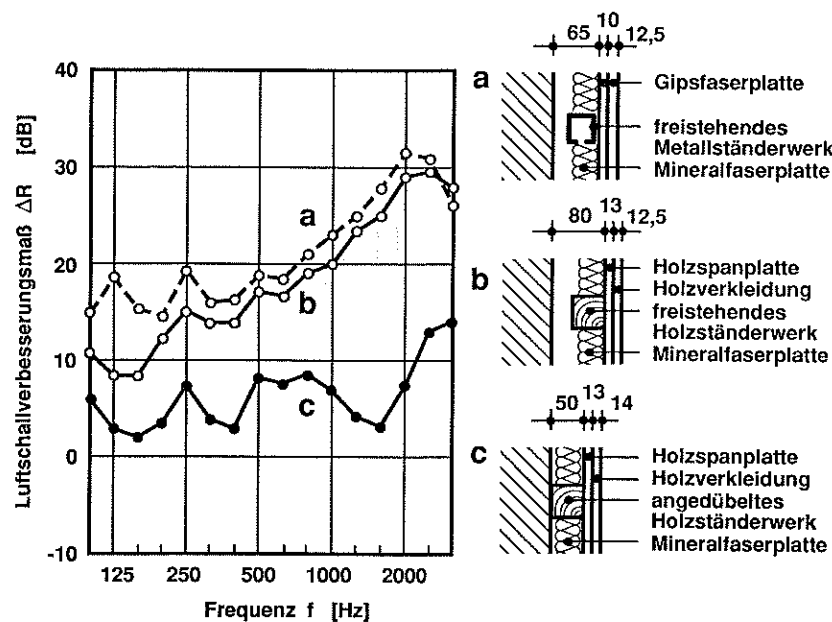


Bild 5.30 Luftschallverbesserungsmaß ΔR von biegeweichen Vorsatzschalen vor Massivwänden [259]

a Metallständerwerk freistehend	$m' \approx 25,5 \text{ kg/m}^2$	$\Delta R_w = 19 \text{ dB}$
b Holzständerwerk freistehend	$m' \approx 18,4 \text{ kg/m}^2$	$\Delta R_w = 15 \text{ dB}$
c Holzständerwerk angedübelt	$m' \approx 15,5 \text{ kg/m}^2$	$\Delta R_w = 6 \text{ dB}$

tels freistehender Ständerwerke. Eine Montage als Verbundplatten, bei denen die biegeweiße Schale mit der Dämmschicht einen Verbund bildet, ist ebenfalls vorteilhaft, wobei diese an die Massivwand nur punktweise angeklebt werden sollten. Eine nach den letztgenannten Prinzipien konstruierte Vorsatzschale hat ein bewertetes Luftschallverbesserungsmaß ΔR_w von 13 bis 15 dB zur Folge. Die mögliche Verbesserung ist von der Art der Tragwand abhängig.

Für Resonanzfrequenzen unter 200 Hz kann man näherungsweise mit folgenden bewerteten Luftschallverbesserungsmaßen ΔR_w rechnen [93]:

$$f_0 < 80 \text{ Hz: } \Delta R_w = 35 - 0,5 R_w \text{ dB} \quad (5.79 \text{ a})$$

$$80 \leq f_0 \leq 125 \text{ Hz: } \Delta R_w = 32 - 0,5 R_w \text{ dB} \quad (5.79 \text{ b})$$

$$125 < f_0 < 200 \text{ Hz: } \Delta R_w = 28 - 0,5 R_w \text{ dB} \quad (5.79 \text{ c})$$

Dabei ist

R_w bewertetes Schalldämm-Maß der Massivwand ohne Vorsatzschale in dB.

Beispiel

Mit einer guten Vorsatzschale ($f_0 = 80 \text{ Hz}$) vor einer Massivwand mit $R_w = 54 \text{ dB}$ ist danach ein bewertetes Luftschallverbesserungsmaß von etwa $\Delta R_w = 8 \text{ dB}$ zu erzielen. Die gleiche Vorsatzschale hätte vor einer Massivwand mit nur $R_w = 30 \text{ dB}$ ein bewertetes Luftschallverbesserungsmaß $\Delta R_w = 20 \text{ dB}$ zur Folge, wäre also erwartungsgemäß wesentlich wirkungsvoller.

Resonanzfrequenzen oberhalb 200 Hz bewirken keine Verbesserung der Schalldämmung, sondern können diese verschlechtern. Wenn die Resonanz mitten im interessierenden Fre-

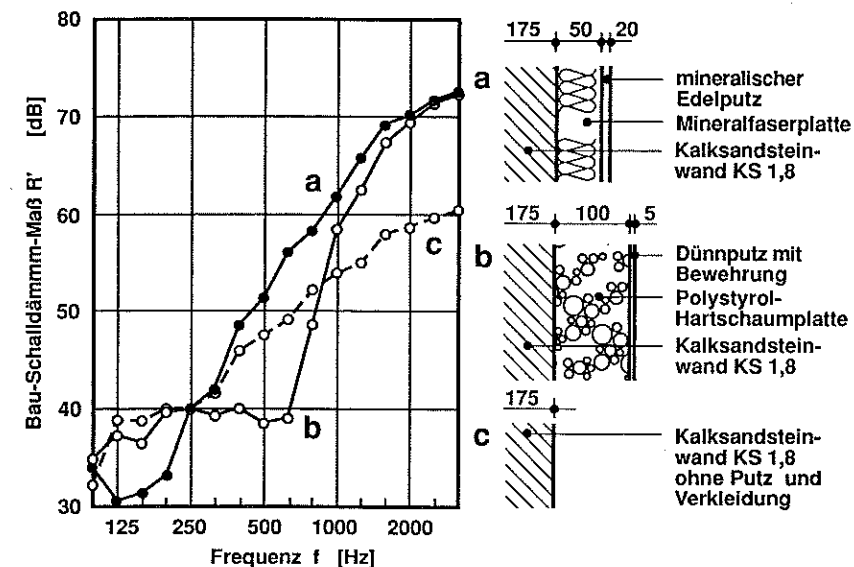


Bild 5.31 Bau-Schalldämm-Maß R' einer Kalksandsteinwand ohne und mit Wärmedämm-Verbundsystemen [262]

a mit Putz auf einer Dämmschicht aus Mineralfaserplatten ($s' < 10 \text{ MN/m}^3$)	$R'_w = 51 \text{ } (-3; -8) \text{ dB}$
b mit Putz auf einer Dämmschicht aus Polystyrol-Hartschaum ($s' < 30 \text{ MN/m}^3$)	$R'_w = 47 \text{ } (-1; -4) \text{ dB}$
c ohne Putz oder Verkleidung	$R'_w = 51 \text{ } (-1; -5) \text{ dB}$

quenzgebiet auftritt (etwa 500 bis 1000 Hz), kann das bewertete Luftschallverbesserungsmaß bis -10 dB betragen.

Wie auf Bild 5.14 gezeigt, gilt eine Putzschicht auf einer Dämmschicht – **Wärmedämm-Verbundsystem** – auch als eine akustisch zweischalige Konstruktion. Dabei übernimmt die Putzschicht die Rolle der biegeweichen Schale. Wenn die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht über 30 MN/m^3 liegt, muß bei üblichen Putzen mit einer Minderung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Massivwand um bis zu 5 dB gerechnet werden. Das ist auf eine ausgeprägte Resonanz im Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 500 Hz zurückzuführen. Bei Anwendung von Dämmschichten mit einer dynamischen Steifigkeit zwischen 10 und 30 MN/m^3 ist entweder eine geringfügige oder keine Verschlechterung, aber auch keine Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Außenwand zu erwarten. Erst bei Dämmschichten mit dynamischen Steifigkeiten von weniger als 10 MN/m^3 wird eine Verbesserung der Schalldämmung erreicht [261]. Zwei Beispiele für Wärmedämm-Verbundsysteme mit unterschiedlichen Materialien als Dämmschichten sind auf Bild 5.31 dargestellt. Es muß betont werden, daß es dabei nicht auf die Art des Materials, sondern auf dessen dynamische Steifigkeit ankommt. Für eine Auswahl üblicher Dämmschichten sind in Tabelle 5.23 die dynamischen Steifigkeiten angegeben.

5.2.1.6 Zweischalige Wände aus biegeweichen Schalen

Wände aus zwei biegeweichen Schalen ermöglichen bei richtiger Dimensionierung mit geringstmöglicher Masse eine hohe Schalldämmung. Wegen der geringen Schalendicken wird in den meisten Fällen eine **Stützkonstruktion** erforderlich sein, die aber die beiden Wandschalen weder versteifen noch Schallbrücken zwischen ihnen bilden soll. Dazu darf sie nicht als Rahmen ausgeführt werden, sondern soll aus einzelnen Ständern bestehen, die wenigstens 600 mm seitlichen Abstand voneinander haben. Stahlständer (U-, M- oder C-Profile aus $0,6$ bis $0,8$ mm Blech) sind wegen ihrer elastischen Eigenschaften günstiger als Holzständer. Eine besonders hohe Schalldämmung läßt sich mit getrennten Ständern für jede Wandschale erzielen.

Als **Plattenmaterialien** kommen die gleichen zur Anwendung, die bei den Vorsatzschalen (s. Abschn. 5.2.1.5) aufgeführt wurden, und wie bei diesen soll der Luftzwischenraum eine lose Dämmstofffüllung erhalten. Für die Resonanzfrequenz f_0 , oberhalb der sich das Schalldämm-Maß gegenüber dem der gleichschweren Einzelschale verbessert (s. Gl. (5.70)) und für die auch hier $f_0 < 80$ Hz angestrebt werden sollte, ergibt sich für den häufigen Fall der Verwendung zweier gleichartiger Wandschalen, von denen jede die flächenbezogene Masse m' (in kg/m^2) aufweist, die vereinfachte Beziehung

$$f_0 = 720 \sqrt{\frac{1}{m' d_L}} \quad \text{Hz} \quad (5.80)$$

mit

d_L Schalenabstand in cm.

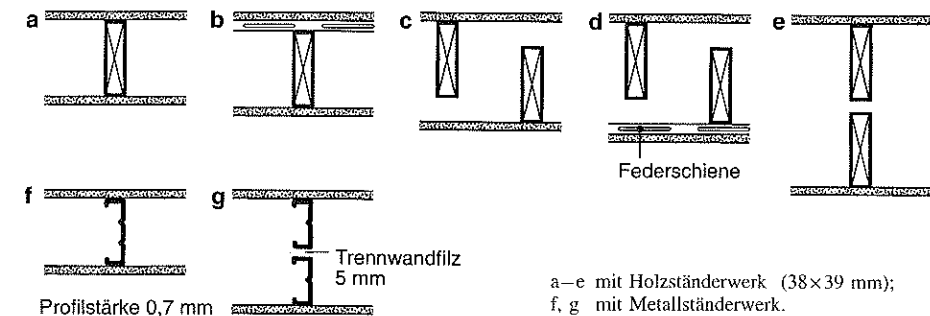
Beispiel

Für eine Wand aus zwei $12,5$ mm dicken Gipskartonplatten ($m' \approx 9 \text{ kg/m}^2$) erhält man aus Gl. (5.80) für eine Resonanzfrequenz von 63 Hz einen Schalenabstand von $14,5$ cm. In der Praxis sind Abstände von 5 bis 20 cm gebräuchlich.

Wenn zwei gleichartige Wandschalen über einen Dämmstoff als Stützkern miteinander verbunden sind (Sandwichbauart), dann läßt sich die Resonanzfrequenz vereinfacht aus

$$f_0 = 230 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad \text{Hz} \quad (5.81)$$

Tabelle 5.17 Bewertete Bau-Schalldämm-Maße R'_w zweischaliger Wände aus $12,5$ mm dicken Gipskartonplatten ($m' \approx 9 \text{ kg/m}^2$), Hohlraumbedämpfung aus Mineralfaserplatten mit längenbezogenem Strömungswiderstand $r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ (Messwerte) [1] [263] [359]



Typ	Hohlraum- dicke d_L [mm]	Ständer- abstand [mm]	Dämm- schichtdicke [mm]	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w [dB]		
				Beplankungsart		
				2 × einfach	1 × einfach, 1 × doppelt	2 × doppelt
a	30	600	—	34		
	45	600	—	35		
	75	600	—	35		
	90	400	60	39	41	43
b	100	400	80	48	52	57
c	120	600	80	49	52	57
d	140	400	160	52	57	62
e	200	400	160	58	63	68
f	50	625	40	42		50
	75	600	—	39		
	75	600	40	44		
	100	600	—	42	46	
	100	625	80	45		51
	150	600	120	52		
g	105	625	80			62
	205	525	80			63

bestimmen, mit

s' dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m^3 (s. Tabelle 5.23)
 m' flächenbezogene Masse einer der beiden Wandschalen in kg/m^2 .

In der Praxis sind bei dieser **Sandwichbauart** meist Kompromisse zwischen der für eine gute Schalldämmung gewünschten niedrigen dynamischen Steifigkeit des Stützkernes und der gleichzeitigen Forderung nach hoher Stabilität und Standfestigkeit nötig.

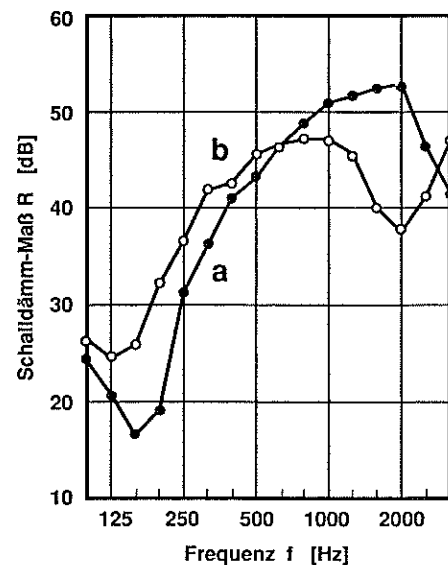


Bild 5.32 Einfluß der Schalendicke auf die Schalldämmung einer doppelschaligen Wand aus Holzspanplatten [264]

a Schalendicke 10 mm $R_w = 40 (-4; -9)$ dB
b Schalendicke 16 mm $R_w = 43 (-3; -5)$ dB

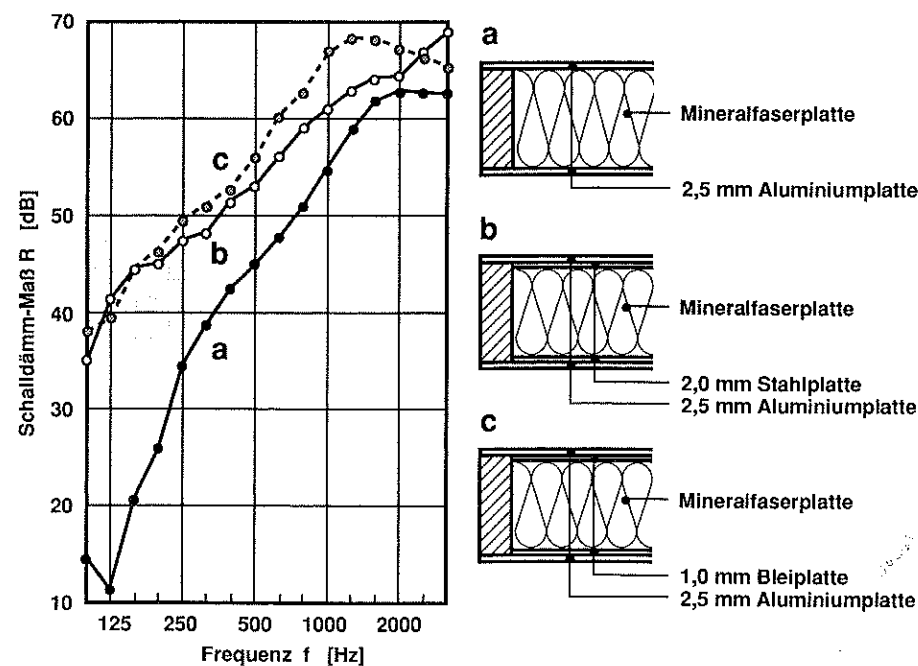


Bild 5.33 Einfluß schwerer Zusatzplatten auf die Schalldämmung einer doppelschaligen Wand aus 2,5 mm dicken Aluminiumplatten in „Sandwichbauweise“ [266]

a nur Aluminiumplatten ($m' \approx 27 \text{ kg/m}^2$) $R_w = 40 (-5; -11)$ dB
b Aluminiumplatten und Stahlplatten ($m' \approx 58 \text{ kg/m}^2$) $R_w = 58 (-2; -7)$ dB
c Aluminiumplatten und Bleiplatten ($m' \approx 50 \text{ kg/m}^2$) $R_w = 59 (-1; -6)$ dB

Tabelle 5.17 enthält Angaben über die bewerteten Bau-Schalldämm-Maße R'_w (Meßwerte ohne Vorhaltemaße) von leichten nichttragenden Innenwänden aus Gipskartonplatten. Wie an diesen Beispielen zu erkennen ist und aus den Gl. (5.80) und (5.81) folgt, läßt sich die Schalldämmung nicht nur durch Abstandsvergrößerung bzw. Verringern der dynamischen Steifigkeit des Stützkernes verbessern, sondern auch durch Erhöhung der flächenbezogenen Masse, z. B. also der Dicke der Wandschalen. Dabei tritt jedoch nicht immer im gesamten Frequenzbereich eine Verbesserung der Schalldämmung auf. Die Koinzidenzgrenzfrequenz kann sich bei Erhöhung der Dicke in den bauakustisch interessierenden Frequenzbereich verschieben, wie am Beispiel auf Bild 5.32 gezeigt ist. In diesem Fall wurde die Dicke der als Wandschalen verwendeten Spanplatten von 10 auf 16 mm geändert und damit die Biegesteifigkeit der Schalen ungünstig erhöht. Besser sind daher Doppel- oder Mehrfachbeplanungen, bei denen jede Wandschale aus mehreren Einzelschalen besteht, die miteinander nicht vollflächig, sondern nur punktförmig verbunden sind. Damit wird zwar die Masse vergrößert, die Biegesteifigkeit der Schalen aber nur geringfügig erhöht [265].

In der **Holz-Tafelbauweise** müssen die tragenden Unterkonstruktionen aus statischen Gründen als Rahmen hergestellt werden. Dadurch wird der Anteil an Schallbrücken größer als bei üblichen Ständerwerken. Es muß daher mit einer Minderung im Vergleich zu den in Tabelle 5.17 genannten Werten gerechnet werden.

Im Holz- und Metallbau werden auch Außenwände als leichte mehrschalige Wände ausgeführt. In **Metallbauweisen**, bei denen mit besonders leichten Baustoffen (z. B. Aluminiumplatten) konstruiert wird, können zusätzliche Platten zur Erhöhung der flächenbezogenen Masse als wirkungsvolle Verbesserungsmaßnahmen zum Einsatz kommen. Wenn diese, wie auf Bild 5.33 dargestellt, eine mehrfach höhere flächenbezogene Masse als die ursprüngliche Platte haben, bewirken sie eine erhebliche Verbesserung der Schalldämmung. Auch hierbei ist es wichtig, daß die Biegesteifigkeit möglichst nicht vergrößert wird.

5.2.2 Fenster

Fenster zählen zu den schalltechnisch komplizierten Konstruktionen. Bedingt durch die Grundanforderung an ein Fenster, die Lichtdurchlässigkeit, bestehen nur beschränkte Möglichkeiten, den Schallschutz eines Fensters durch Modifizierung der Eigenschaften des „Wandmaterials“, des Glases, zu beeinflussen. Daneben verursacht die Notwendigkeit, Fenster zu öffnen, Beschränkungen der Masse und Probleme der Dichtung. Tabelle 5.18 zeigt an einer Übersicht und an Beispielen, wie durch das Zusammenwirken der im folgenden erörterten **Konstruktionsparameter** Fenster bestimmter Schallschutzklassen (s. Tabelle 5.10) realisiert werden können.

Anders als bei trennenden Bauteilen im Inneren von Gebäuden kann bei Außenbauteilen je nach Einbausituation ein gerichteter, evtl. auch **streifender Schalleinfall** auftreten z. B. bei hohen Gebäuden an stark befahrenen Straßen oder bei Schrägverglasungen. Nach Gl. (5.56) ist die Schalldämmung dann geringer als im Prüfstand für diffusen Schalleinfall ermittelt. Die dabei oft bis zu 10 dB niedrigeren bewerteten Bau-Schalldämm-Maße sollten bei einem Vergleich mit Anforderungen (s. Abschn. 5.1.3.3) Beachtung finden. Der Koinzidenzeinbruch verschiebt sich bei streifendem Schalleinfall um ca. eine Oktave zu tieferen Frequenzen hin. Die Koinzidenzgrenzfrequenz f_c für Glasscheiben ist unter Bezug auf Gl. (5.64)

$$f_c = \frac{12000}{t} \text{ Hz} \quad (5.82)$$

mit

t Scheibendicke in mm.