

Bau- und Raumakustik einer Passivhausschule

Frank Schnelle¹⁾, Joachim Zander²⁾

¹⁾ Kurz u. Fischer GmbH, Beratende Ingenieure Bauphysik,
Rudolf-Breitscheid-Straße 11, D-06110 Halle, halle@kurz-fischer.de

²⁾ Kurz u. Fischer GmbH, Beratende Ingenieure Bauphysik,
Brückenstraße 9, D-71364 Winnenden, winnenden@kurz-fischer.de

1 Grundschule in Passivhausbauweise

Der Schwerpunkt der bauphysikalischen Planung von Gebäuden in Passivhaus-Bauweise liegt auf dem Gebiet der thermischen Bauphysik. Für eine ausreichende Nutzerakzeptanz müssen die Gebäude jedoch gleichzeitig bau- und raumakustische Anforderungen erfüllen. Aufgrund der Besonderheiten von Passivbauten ist eine direkte Übertragung der bau- und raumakustischen Planungsinstrumente aus „konventionellen“ Gebäuden nicht möglich.

Am Beispiel der in Passivhausbauweise realisierten Grundschule mit Kindertagesstätte Frankfurt-Riedberg wird die bau- und raumakustische Planung und Ausführung erläutert. Die Übergabe des Bauvorhabens an den Nutzer erfolgte im November 2004.

Projektbeteiligte

- Bauherr: Stadtschulamt Frankfurt
- Architekt: Architekturbüro 4a Stuttgart
- Energetische Qualitätssicherung, Energiekonzept: Passivhaus-Institut, Transsolar
- Haustechnik: ICRZ Neuenhagen
- Projektsteuerung: Hochbauamt Stadt Frankfurt
- Bau- und Raumakustik: Kurz u. Fischer Winnenden / Halle

2 Akustische Anforderungen

2.1 Bauakustik

Baurechtliche Anforderungen an den Schallschutz in Schulgebäuden für die Luft- und Trittschalldämmung im Gebäude, den Schallschutz gegen Außenlärm und die Geräusche von haustechnischen Anlagen sind in DIN 4109: 1989-11 „Schallschutz im Hochbau“ enthalten. Die Anforderungen nach DIN 4109 gelten selbstverständlich auch für Gebäude in Passivhausbauweise.

In Schulgebäuden sind bei festen Unterrichtszeiten (kein Aufenthalt von Schülern während der Unterrichtseinheiten auf den Fluren) praktisch vor allem die Anforderungen für die Luftschalldämmung zwischen den Unterrichtsräumen relevant. Bei flexibleren Unterrichtszeiten im Rahmen eines ganztägigen Schulbetriebes (teilweise Aufenthalt von Schülern während der Unterrichtseinheiten auf den Fluren) gewinnt die Luftschalldämmung von Flurtrennwänden mit Türen an Bedeutung.

Bauteile	Anforderungen	
	Luftschalldämmung	Trittschalldämmung
Decken zwischen Unterrichtsräumen	erf. $R'_w = 55$ dB	erf. $L'_{n,w} = 53$ dB
Wände zwischen Unterrichtsräumen	erf. $R'_w = 47$ dB	
Wände zwischen Unterrichtsräumen und Fluren	erf. $R'_w = 47$ dB	
Türen zwischen Unterrichtsräumen und Fluren	erf. $R_w = 32$ dB	

Tabelle 1: Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Schulgebäuden (Auszug aus Tabelle 3 in DIN 4109)

Die Anforderungen beziehen sich auf die resultierende Schalldämmung zwischen Räumen am Bau unter Berücksichtigung der Direktschallübertragung über das trennende Bauteil, der Schalllängsübertragung über die flankierenden Bauteile und der Schallnebenwegübertragung (z. B. Lüftungsleitungen). Bei Türen gilt die Anforderung für die alleinige Schallübertragung über das Bauteil. Für die Geräusche von haustechnischen Anlagen in Unterrichtsräumen beträgt die Anforderung an den zulässigen Schalldruckpegel nach DIN 4109 ≤ 35 dB(A). Bei Lüftungsanlagen sind zwar nach Norm um 5 dB(A) höhere Werte zulässig, sofern keine auffälligen Einzeltöne auftreten. Wegen der damit verbundenen Erhöhung der ständigen Störgeräusche in den Unterrichtsräumen sollte diese Verminderung der Anforderungen nicht angewendet werden.

2.2 Raumakustik

Das Ziel von raumakustischen Maßnahmen in Unterrichtsräumen ist die Gewährleistung einer ausreichenden Sprachverständlichkeit. Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der raumakustischen Verhältnisse ist die Nachhallzeit T . In der aktuellen DIN 18041: 2004-05 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ sind anzustrebende Sollwerte der Nachhallzeiten T_{Soll} bei mittleren Frequenzen in Abhängigkeit von der Nutzungsart und dem Raumvolumen V angegeben. Zusätzlich sind in DIN 18041 Angaben zur anzustrebenden Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeiten enthalten. Für den besetzten Zustand von Unterrichtsräumen (außer für Musik) in Schulen bestehen folgende Anforderungen an Sollwerte der Nachhallzeiten T_{Soll} .

$$T_{\text{Soll}} = \left(0,32 \cdot \log \frac{V}{\text{m}^3} - 0,17 \right) \text{s} \pm 20 \%$$

In Bild 1 sind beispielhaft aus eigenen messtechnischen Untersuchungen die mittleren Nachhallzeiten von Unterrichtsräumen verschiedener konventioneller Schulgebäude für den besetzten Zustand im Vergleich mit den Anforderungen nach DIN 18041 dargestellt. Bei Ausführung von raumakustischen Maßnahmen (Standardausführung: Einbau von vollflächigen Deckenbekleidungen) werden die Anforderungen in der Regel eingehalten. Bei einem Verzicht auf Maßnahmen in Unterrichtsräumen ergeben sich sehr ungünstige raumakustische Verhältnisse.

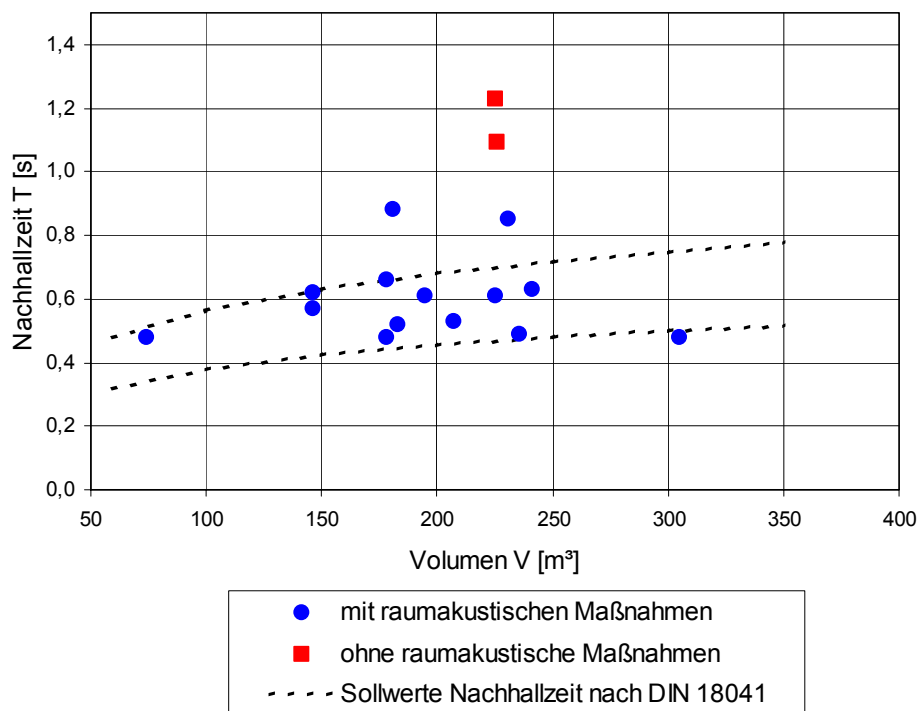


Bild 1: Nachhallzeiten in Unterrichtsräumen verschiedener Schulgebäude

3 Konsequenzen der Passivhausbauweise für die schalltechnische Planung

Im Unterschied zur freien Fensterlüftung in konventionellen Schulgebäuden werden in Passivhausgebäuden Lüftungsanlagen zur Minimierung der Lüftungswärmeverluste eingesetzt. Üblicherweise wird die Zuluft über Lüftungsleitungen mit Auslassöffnungen in die Räume eingebracht. Bei einer zentralen Abluftabsaugung sind Überströmöffnungen in den Trennwänden der Räume erforderlich.

Durch die Lüftungsleitungen mit Auslässen bzw. die Überströmöffnungen ergeben sich zusätzliche Schallnebenwegübertragungen zwischen den Räumen, welche in Ergänzung zu den Schallübertragungswegen über das trennende Bauteil und die

flankierenden Bauteilen bei der bauakustischen Planung berücksichtigt werden müssen (siehe Bild 2).

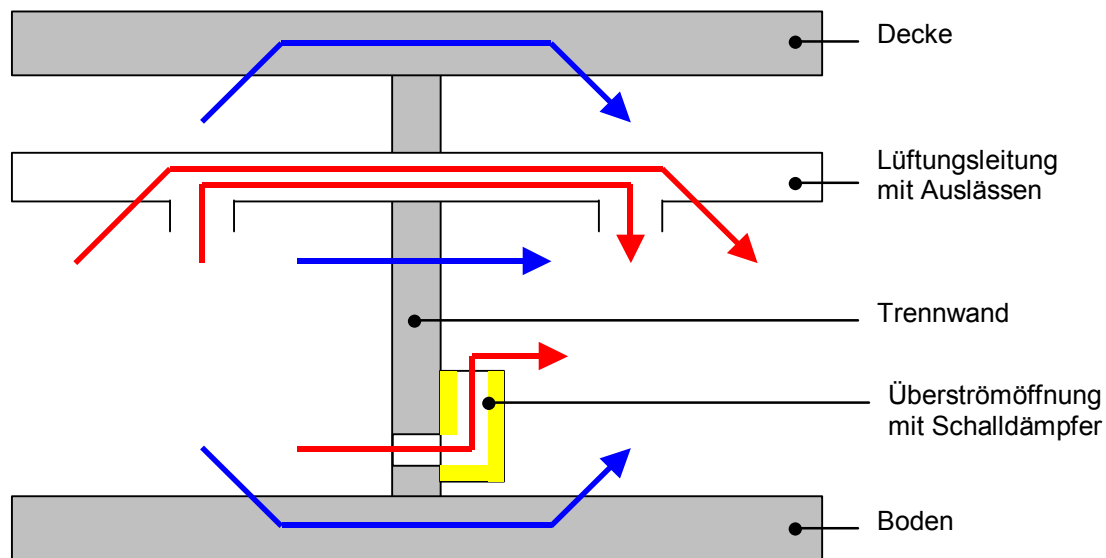


Bild 2: Prinzipdarstellung der Schallübertragungswege zwischen Räumen bei Lüftungsleitungen mit Auslässen und Überströmöffnungen

Aufgrund der Verbindungen zwischen den Räumen über die Lüftungsleitungen mit Auslässen ist zur Einhaltung der Anforderungen an die Schalldämmung (siehe Abschnitt 2.1) der Einbau von Telefoneschalldämpfern zwingend erforderlich. Bei den Überströmöffnungen in den Wänden müssen ebenfalls Schalldämpfer ausgeführt werden. Zusätzlich ist zur Kompensation der Schallübertragung über die Lüftungsleitungen bzw. die Überströmelemente eine Verbesserung der Schalldämmung der Trennbauteile und der Schalllängsdämmung der flankierenden Bauteile notwendig.

Bei dem hohen Fensterflächenanteil in Unterrichtsräumen zur Maximierung solarer Warmegewinne in der Heizperiode muss aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes die wirksame Speicherfähigkeit von massiven Raumumschließungsflächen erhalten bleiben. Eine Bauweise mit massiven Innenwänden weist hier Vorteile gegenüber einem leichten Innenausbau auf. Die Ausführung von vollflächigen Deckenbekleidungen in schallabsorbierender Ausführung, welche aus raumakustischen Gründen in konventionellen Schulgebäuden üblicherweise vorgenommen wird, kann nicht realisiert werden. Neben der teilflächigen Ausführung von raumakustischen Maßnahmen an Decken sind zusätzliche Absorberelemente an Wänden erforderlich. Die Verteilung der schallabsorbierenden Flächen an Decke und Wänden weist gegenüber vollflächig absorbierenden Decken raumakustische Vorteile auf, da bei dieser Lösung eine gleichmäßigere Raumbedämpfung in der Horizontal- und Vertikalebene erfolgt. Eine weitere Möglichkeit der Ausführung von raumakustischen Maßnahmen, bei der nur eine geringe Verminderung der Speicherfähigkeit der Massivdecke erfolgt, besteht im Einbau von Baffel-Decken mit vertikal angeordneten schallabsorbierenden Elementen. Diese Variante von raumakustischen Maßnahmen wurde

im Foyer des Schulgebäudes realisiert (siehe Bild 3). Ähnliche Ausführungen von Decken haben sich auch bei bauteilaktivierten Decken in Bürogebäuden bewährt [Zander 2002].



Bild 3: Baffeldecke mit vertikal angeordneten Schallabsorbern – Ausführung im Foyer der Grundschule

4 Ausführung im Schulgebäude Frankfurt-Riedberg

Die Trennwände zwischen den Unterrichtsräumen und den Gruppen- bzw. Vorbereitungsräumen bestehen aus 250 mm Stahlbeton. Die Flurtrennwände sind Metallständerwände mit Gipskartonbeplankungen. Bei der Elementfassade in Holzständerbauweise ist die raumseitige Bekleidung, akustisch wirksam als Vorsatzschale, im Bereich der Raumtrennwände unterbrochen.

Die Lüftungsleitungen Zuluft in den Klassenräumen sind in einem abgehängten Deckenkoffer mit Schlitzauslässen ausgeführt (siehe Bild 4). Die Unterseite des Deckenkoffers besteht aus Gipskartonlochplatten mit Absorberauflage. Zur Verminderung der Geräuschabstrahlung durch die Lüftungsanlage und der Nebenwegübertragung über die Lüftungsleitungen (Telefonie-Effekt) sind Schalldämpfer vor den Schlitzauslässen eingebaut. Die frequenzabhängige Dimensionierung der erforderlichen Einfügungsdämmung D_e der Schalldämpfer wurde im Rahmen der Planung in Anlehnung an das Rechenverfahren nach VDI 2081: 2001-07 „Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumlufotechnischen Anlagen“ vorgenommen. Bei den Überströmöffnungen für die Abluft in den Wänden zwischen Unterrichts- und Gruppenräumen bzw. in den Flurtrennwänden wurden Kulissenschalldämpfer eingebaut, deren Dimensionierung nach [Schnelle 2003] erfolgte.

Der Erfolg der bauakustischen Planung und der Ausführung konnte durch bauakustische Messungen im Rahmen der Abnahme bestätigt werden. Zwischen Unterrichts-

räumen und zwischen Unterrichts- und Gruppenräumen ergaben sich jeweils bewertete Bau-Schalldämm-Maße von $R'_w = 47$ dB.



Bild 4: Unterrichtsraum der Grundschule
(1) Deckenkoffer für Lüftungsleitungen mit Schlitzauslässen
(2) raumakustische Maßnahmen an Deckenkoffer Gipskartonlochplatten
(3) raumakustische Maßnahmen an Rückwand Absorberelement als Pinnwand

An den Rückwänden der Unterrichtsräume erfolgte der Einbau von Absorberelementen, bestehend aus Holzweichfaserplatten auf Unterkonstruktion mit Stoffbespannung. Die Wandabsorber können gleichzeitig als Pinnwände durch die Schüler genutzt werden (siehe Bild 4). Aus den raumakustischen Messungen der Nachhallzeiten in den Unterrichtsräumen ergab sich, dass im besetzten Zustand bei einem ausgeglichenen frequenzabhängigen Verlauf die mittleren Nachhallzeiten an der oberen Grenze der Sollwerte nach DIN 18041 liegen.

Aus raumakustischer Sicht wäre eine Vergrößerung der Fläche von schallabsorbierenden Wand- und Deckenbekleidungen wünschenswert gewesen. Die gewählte Ausführung stellt insofern einen Kompromiss zwischen den Anforderungen der Raumakustik und der thermischen Bauphysik (Erhalt der Speicherfähigkeit massiver Bauteile) dar.

5 Literatur

[Schnelle 2003] Schnelle, F., Kurz, R., **Schalldämmung von Überströmelementen**, Fortschritte der Akustik, DAGA-Tagungsband, Aachen 2003

[Zander 2002] Zander, J., **Raumakustik – Ausgeführte Beispiele für Büro- und Besprechungsräume**, IBK-Baufachtagung 286, 2. Weimarer Bauphysiktag, Weimar 2002