Erforderliche Änderungen beim Rechenverfahren E DIN 4109:2013

Jürgen Maack
ITA Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH, Wiesbaden, E-Mail: maack@ita.de

Einleitung

Das Berechnungsverfahren E DIN 4109:2013 kann sehr viel übersichtlicher und für die ingenieursmäßige Betrachtung praxisgerechter angewendet werden, wenn einige Bündelungen vorgenommen und sinnvolle Vereinfachungen zugelassen werden:

- (gedankliche) Bündelung auf 1 Direkt-Schalldämmmaß und 4 Schall-Längsdämmmaße $R^*_{L,w}$
- Verzicht auf die Verpflichtung, die genauen Kopplungslängen verwenden zu müssen.

Der Autor möchte, dass entsprechende Regelungen in die neue DIN 4109 aufgenommen werden.

Tabellenverfahren contra computergestütztes nummerisches Rechenverfahren

Das alte Rechenverfahren Bbl. 1 zu DIN 4109:1989 ist ein Tabellenverfahren, das nur die folgenden Ausgangsdaten benötigt:

- Schalldämmmaß $R'_{w,R}$ nach Tabelle 1 (Wände) bzw. Tab. 12 (Decken) in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse des Trennbauteils
- Berücksichtigung der Flankenübertragung durch Zu-/Abschläge nach Tabellen 13 und 15

Der große Vorteil von Tabellenverfahren, Bbl. 1 zu DIN 4109:1989 ist seine einfache und fehlervermeidende Anwendung. Allerdings kann dieses Rechenverfahren nicht für die in den letzten Jahrzehnten immer leichter gewordenen wärmedämmenden Mauerwerke verwendet werden. Seinerzeit wurde – offensichtlich kurz vor Redaktionsschluss DIN 4109:1989 – noch ein entspechender „Warnhinweis“ bezüglich der möglichen ungünstigen Flankenübertragung aufgenommen.

E DIN 4109:2013 stellt demgegenüber einen komplexen numerischen Berechnungsweg dar. Der bauakustische Fachingenieur kann ohne ein komplexes Rechenprogramm (die Programmierung mit Excel-Makros ist sehr aufwändig) erst einmal keine Aussage treffen, ob eine ausreichende Schalldämmung $R'_{w,R}$ von Raum zu Raum erreicht wird.

Nummerisches Rechenverfahren ist für die Praxisanwendung sehr unübersichtlich, Bemessungstabellen wären wünschenswert

Das Rechenverfahren E DIN 4109 erfordert sehr viele Eingangsparameter. Die Formel für ein Flanken-Schalldämmmaß R_{ij} (von insgesamt 12 Flankenwegen) lautet (ohne Berücksichtigung von Vorsatzschalen u. ä.):

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ}}{2} + K_{ij} + \frac{R_{j,situ}}{2} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_S}{l_f}\right) \quad \text{[dB]} \qquad (1)$$

Darin bedeuten:

$R_{i,situ}$, $R_{j,situ}$: in-situ Schalldämmmaß in dB, teilweise aus Masse-Gleichungen, teilweise aus Labormessungen (je nach Materialität)

K_{ij}: Stoßstellendämmmaß

S_S: Fläche des trennenden Bauteils in m²

l_f: gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden Bauteil und dem flankierenden Bauteil in m

In Gl. 1 wird aus der Direktschalldämmung auf die Schall-Längsdämmung geschlossen. Für leichtes Hlz-Mauerwerk, für das das Massegesetz der Schalldämmung nicht gilt, ist die Verwendung von Schalldämmmaßen R_{situ} aus Labormessungen erforderlich.

Bei Verwendung der vielen Eingangsparameter verliert man sehr leicht das Gefühl, ob das Berechnungsergebnis richtig oder falsch ist. Eingangsparameter sind:

- flächenbezogene Masse und Baustoffgruppe (1: Hlz, Beton, KS; 2: Leichtbeton; 3: Porenbeton) für das Trennbauteil sowie für die 4 Flankenwege
- Kopplungslänge der Flankenbauteile mit dem Trennbauteil
- Fläche des Trennbauteils
- Stoßstellenart
- bewertetes i-situ Schalldämmmaß für die Bauteile mit Sonderbedingungen (inhomogenes Mauerwerk)
- Korrekturwerte für Vorsatzschalen, schwimmende Estriche und abgehängte Unterdecken
- Zuschlag, wenn bei besonderen Bauweise die inhomogene leichte Flanke nicht unterbrochen wird.
- Korrekturwerte, wenn das Trennbauteil teilweise nicht starr an die flankierenden Bauteile gekoppelt ist.

Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ als Zusammenfassung der 3 Wege einer Flanke

Es sollte eine Zusammenfassung der 3 Flanken-Schalldämmmaße einer Flanke $R_{Df,i}$, $R_{Fd,i}$ und $R_{Ff,i}$ zu einem Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w,i}$ erfolgen, siehe Abbildung 1. Damit wird eine gedankliche Reduzierung von 13 auf 5 Schallübertragungswege erreicht, die unmittelbar dem Trennbauteil und den 4 Flanken zugeordnet werden.

Verwendung von Bezugs-Kopplungslängen

Das hier vorgeschlagene Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ sollte auf die alten Bezugs-Kopplungslängen l_{f0} von Bbl. 1 zu DIN 4109:1989 bezogen werden. l_{f0} beträgt je nach Flankenbauteil 2,80 m bzw. 4,50 m; entsprechend ergeben sich Bezugs-Trennbauteilflächen S_0=12,6 m² für Trennwände bzw. S_0=20,25 m² für Trenndecken. In Tabelle 1 sind die sich damit ergebenden Korrekturwerte 10 log(S_0/l_{f0}) aufgeführt.

Für übliche Raumabmessungen bei Abweichungen von ± 30 % auf diese Kopplungslängen sollte eine Korrektur auf die tatsächliche Kopplungslänge entfallen dürfen, was im Rahmen der Prognoseunsicherheiten leicht abzufangen ist.

Eine Berechnung mit exakter Berücksichtigung der tatsächlichen Kopplungslängen ist im Bedarfsfall uneingeschränkt möglich und können auch mittels des Schall-Längsdämmmaßes $R^*_{L,w,i}$ vorgenommen werden (da für die 3 zugehörigen Flankenschalldämmmaße $R_{Df,i}$, $R_{Fd,i}$ und $R_{Ff,i}$ die Kopplungslängen gleich sind).

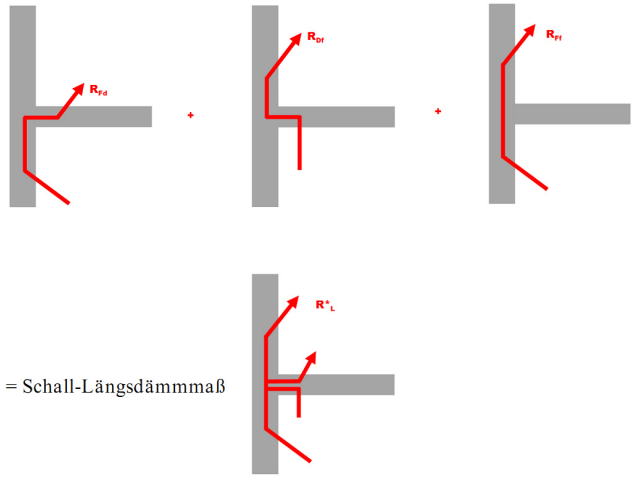


Abbildung 1: Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ einer Flanke als Zusammenfassung der Flanken-Schalldämmmaße $R_{Df,}$, $R_{Fd,}$ und $R_{Ff,}$, bezogen auf die Bezugs-Kopplungslänge l_{f0} und die Bezugs-Trennbauteilfläche S_0.

Tabelle 1: Bezugs-Kopplungslängen und Bezugs-Trennbauteilfläche sowie die sich hieraus ergebenden Korrekturwerte 10 log(S_0/l_{f0})

Flankenbauteil, Bezugs-Kopplungslänge	Bezugs-Trennbauteil-fläche	Korrekturwert 10 log(S_0/l_{f0}) [dB]
Wand, vertikal l_{f0} = 4,50 m	Trenndecke S_0 = 20,25 m²	6,5
Wand, horizontal l_{f0} = 2,80 m	Trennwand S_0 = 12,6 m²	6,5
Decke, horizontal l_{f0} = 4,50 m	Trennwand S_0 = 12,6 m²	4,5

Das Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ ist das Pendant des Schall-Längsdämmmaßes $R_{L,w}$ nach Bbl. 1 zu DIN 4109 für den Skelettbau. Der vereinfachte Skelettbau-Nachweis (jeder Schallübertragungsweg überschreitet die Anforderungen um ≥ 5 dB) hat sich insbesondere beim Büro-Innenausbau sehr bewährt und sollte unbedingt auch in der neuen DIN 4109 zulässig sein.

Rechenbeispiel Wohnungstrennwand

Bei den nachfolgenden Betrachtungen werden insbesondere die folgenden Baustoffe verwendet, die abgekürzt werden:

KS: Kalksandstein-Planelemente, Nenn-Rohdichte 2.000 kg/m³, raumseitig verputzt, flächenbez. Masse m‘ = 295 kg/m²

Hlz: 365 mm Hochlochziegel Hlz-S9, beidseitig verputzt, flächenbez. Masse m' = 287 kg/m², $R_{w,situ}$ = 49,2 dB [3], Trennbauteil unterbricht die flankierende Fassade vollständig (soweit nicht anders angegeben)

Mit dem Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w,i}$ können die zu betrachtenden Schallübertragungswege übersichtlich benannt werden; für Wohnungstrennwände ist dies in Tabelle 2 für ein Rechenbeispiel mit KS-Fassade und in Tabelle 3 für ein Rechenbeispiel mit etwa gleichschwerer Hlz-Fassade dargestellt.

Tabelle 2: Schalldämmung einer Massiv-Wohnungstrennwand m' = 430 kg/m². Flankierende Bauteile wie angegeben, dabei auch eine **flankierende KS-Fassade**. Der Rechenwert $R'_{w,R}$ berücksichtigt 2 dB Prognoseunsicherheiten

Konstruktion, Flankenweg		Schalldämmmaße [dB]	
$R_{Dd,w}$ [dB] Wohnungstrennwand	Dd	59,2	59,2
KS Fassade **$R^*_{L,w,1}$** [dB]	Df	68,0	63,5
	Fd	68,0	
	Ff	68,8	
Decke, 20 cm Stb. **$R^*_{L,w,2}$** [dB]	Df	69,1	64,7
	Fd	69,1	
	Ff	70,2	
Fußboden, 20 cm Stb. mit schw. Estrich **$R^*_{L,w,3}$** [dB]	Df	77,1	73,6
	Fd	77,1	
	Ff	83,5	
Montage- Innenwand **$R^*_{L,w,4}$** [dB]	Df	80,5	77,0
	Fd	80,5	
	Ff	86,4	
Rechenwert $R'_{w,R}$ [dB]		**54,9**	**54,9**

Die Betrachtung der 13 Schalldämmmaße nach E DIN 4109:2013 ist unübersichtlich. Bei Betrachtung der hier vorgeschlagenen zusammengefassten 5 Schalldämmmaße R_{Dd} und $R^*_{L,w,i}$ erkennt man sofort, dass im vorliegenden Fall nur die folgenden Übertragungswege eine relevante Rolle spielen:

- Trennwand
- flankierende Fassade
- flankierende Decke (mit nur geringem Einfluss)

Für die Situation mit homogener flankierender KS-Mauerwerk ergibt sich eine etwas höhere Schalldämmung, als für Hlz-Mauerwerk; durch eine Anhebung der

flächenbezogenen Masse der Trennwand kann dies im Bedarfsfall ausgeglichen werden.

Tabelle 3: Schalldämmung einer Massiv-Wohnungstrennwand m' = 430 kg/m². Flankierende Bauteile wie angegeben, dabei auch eine **flankierende Hlz-Fassade**. Der Rechenwert $R'_{w,R}$ berücksichtigt 2 dB Prognoseunsicherheiten

Konstruktion, Flankenweg		Schalldämmmaße [dB]	
$R_{Dd,w}$ [dB] Wohnungstrennwand	Dd	59,2	59,2
Hlz Fassade **$R^*_{L,w,1}$** [dB]	Df	65,6	60,3
	Fd	65,6	
	Ff	64,1	
Decke, 20 cm Stb. **$R^*_{L,w,2}$** [dB]	Df	69,1	64,7
	Fd	69,1	
	Ff	70,2	
Fußboden, 20 cm Stb. mit schw. Estrich **$R^*_{L,w,3}$** [dB]	Df	77,1	73,6
	Fd	77,1	
	Ff	83,5	
Montage- Innenwand **$R^*_{L,w,4}$** [dB]	Df	80,5	77,0
	Fd	80,5	
	Ff	86,4	
Rechenwert $R'_{w,R}$ [dB]		**53,9**	**53,9**

E DIN 4109:2013 betrachtet wichtige Fälle bislang nicht

In Tabelle 4 sind die wichtigsten Fälle der Schalldämmung von Wohnungstrennwänden aufgeführt.

Fall 1: Referenzfall einer Stoßstelle mit homogenen Massivbauteilen, Gültigkeit DIN EN 12354

Fall 2 Hlz getr: gilt für flankierendes Hlz-Mauerwerk, das eine geringe Schalldämmung aufweist, als nach dem Massegesetz $R_{w,Masse}$ zu erwarten ist; $R_{w,situ}$ wird aus Messungen der Direktschalldämmng ermittelt, Voraussetzung von Fall 2: Hlz-Mauerwerk ist durch die Massivtrennwand vollständig getrennt. Die Gültigkeit von Gl. 1 wurde nach [6] nachgewiesen.

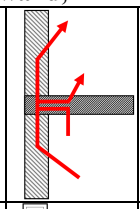
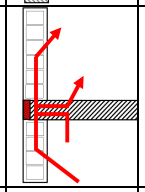
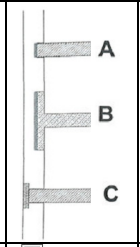
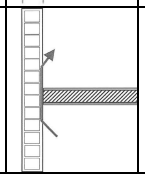
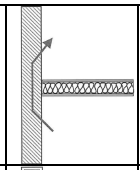
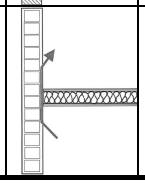
Fall 3: Der "Schlüssel" für eine gute Schall-Längsdämmung [2, 4] von inhomogenem Hlz-Mauerwerk liegt in der geeigneten Ausführung der Stoßstelle; Für wichtige praxisrelevante Anschlussvarianten nach [5] liegen in E DIN 4109:2013 keine Aussagen vor.

Fall 4: flankierendes Hlz-Mauerwerk durchgehend, Massivtrennwand schließt kraftschlüssig an; zusätzlicher Abschlag für das Flanken-Schalldämmmaß R_{Ff} gegenüber Gl. 1 hinaus, siehe E DIN 4109-32, Abs. 5.2.1.4.2

Fall 5: Werte mittels dem Stoßstellendämmmaß $K_{ij,min}$ bzw. nach [1]

Fall 6: Im Falle einer Leichtbau-Trennwand ist ein Zusammenhang zwischen der Direktschalldämmung des Hlz-Mauerwerks und der Schall-Längsdämmung nicht gegeben, so dass der Autor hier Messungen der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ nach DIN EN ISO 10 848-2 für erforderlich hält.

Tabelle 4: Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ von Stoßstellen-Situationen am Beispiel von Wohnungstrennwänden

Massiv-Trennwand, m' = 430 kg/m²			**$R^*_{L,w}$ [dB]**
Fall 1: **KS:** Fassade 15 cm KSPE		Masse-gesetz $R_{w,Masse}$	**63,5**
Fall 2: **Hlz getr.:** Fassade 365 mm Hlz-S9, getrennt		$R_{w,Masse}$– $R_{w,situ}$	**60,3**
Fall 3: **Hlz:** Baupraktische Stoßstellen		keine Aussage E DIN 4109:2013	**?**
Fall 4: **Hlz ungetr.:** Fassade 365 mm Hlz-S9,durchgehend		Weg Ff 3/2* ($R_{w,Masse}$ – $R_{w,situ}$)	**59,2**
Leichtbau-Trennwand			
Fall 5: **KS:** Fassade 15 cm KSPE		E DIN 4109:2013 mittels $K_{ij,min}$	**58,0**
Fall 6: **Hlz** Fassade 365 mm Hlz-S9		**?**	**?**

Für die Fälle 3, 4 und 6 ergeben sich gegenüber den Werten nach Gl. 1 Abschläge beim Schall-Längsdämmmaß $R^*_{w,L}$, deren Ursache in Inhomogenität des Baustoffes liegt; anschaulich ist der Weg die Flankenübertragung in den Skizzen in Tabelle 4 eingetragen. DIN EN 12354 gilt nicht für inhomogenes Mauerwerk (nähere Ausführungen in [2]); die Anwendbarkeit auf Fall 2 erfolgt nach [6].

Durch Ergänzungen für die Fälle 3 und 6 könnte das Potential der inhomogenen Baustoffe besser ausgeschöpft werden. Das Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ gibt als einfach handhabbare Kenngröße den Einfluss der Flanke auf die Gesamt-Schalldämmung an. Die Angabe seitens der Hersteller von $R^*_{L,w}$ unter Benennung des Stoßstellenausführung würde zur Verbreitung solcher Bauweisen beitragen.

Tabelle mit Schall-Längsdämmmaßen $R^*_{L,w}$

Zusammenfassung In den Tabellen 5 und 6 sind Werte des Schall-Längsdämmmaßes $R^*_{L,w}$ bzw. der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ zusammengestellt; die Berechnungen erfolgten nach E DIN 4109:2013 [1].

Tabelle 5: Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ bzw. der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ von **Fassaden in horizontaler Richtung**; Bezugs-Kopplungslänge l_{f0} = 2,80 m, Bezugs-Trennwandfläche S_0 = 12,6 m²

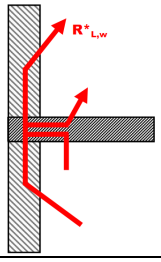
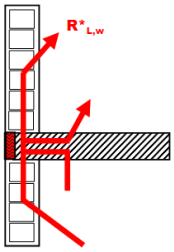
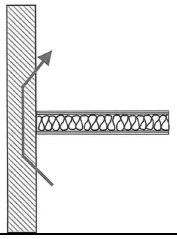
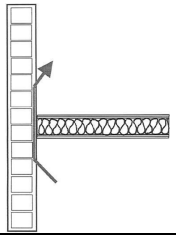
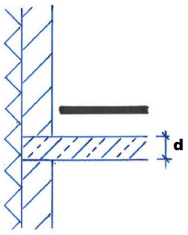
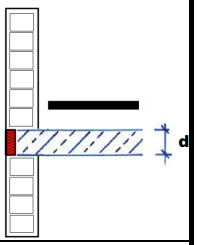
Variante 1: Massiv-Trennwand,	$R^*_{L,w}$ [dB] **KS** Fassade 15 cm KSPE	**Hlz** Fassade 365 mm Hlz-S9
		
Massivtrennwand, m_{Tr}' = 430 kg/m²	**63,5**	**60,3**
Massivtrennwand, m_{Tr}' = 530 kg/m²	**65,1**	**61,8**
Variante 2: Leichtbau-Trennwand	$D_{n,f,w}$ [dB] **KS** Fassade 15 cm KSPE	**Hlz** Fassade 365 mm Hlz-S9
		
Leichtbau-Trennwand	**58,0**	**?**

Tabelle 6: Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ von **Fassaden in vertikaler Richtung**; Bezugs-Kopplungslänge l_{f0} = 4,50 m, Bezugs-Trenndeckenfläche S_0 = 20,25 m²

Massivdecke der Dicke d mit schwimmendem Estrich	$R^*_{L,w}$ [dB] **KS** Fassade 15 cm KSPE	**Hlz** Fassade 365 mm Hlz-S9
		
16 cm	**64,3**	**60,6**
18 cm	**65,1**	**61,4**
20 cm	**65,9**	**62,4**
22 cm	**66,6**	**62,9**
24 cm	**67,2**	**63,4**
26 cm	**67,6**	**63,8**

Tabellen 5 und 6 ermöglichen es dem bauakustischen Fachingenieur, die Schalldämmqualität das resultierendes Schalldämmmaß $R'_{w,R}$ unmittelbar auszurechnen. Wie die aufgeführten Beispiele zeigen, sind bei der energetische Summation häufig nur 2 oder 3 Schalldämmmaße / Übertragungswege relevant.

Zusammenfassung

Das Schall-Längsdämmmaß $R^*_{L,w}$ gibt die Schallübertragung über eine reale Bauteilflanke an; es können Bemessungstabellen als anschauliches ingenieursmäßiges Hilfsmittel erstellt werden.

Für inhomogenes Mauerwerk fehlt in E DIN 4109:2013 derzeit noch eine differenzierte Betrachtung für viele Stoßstellensituationen. Durch das Schall-Längsdämmmaßes $R^*_{L,w}$ ergibt sich die Möglichkeit, einen Gesamtwert incl. der Berücksichtigung der Stoßstellenausbildung anzugeben.

Der Autor sieht folgende Erfordernis für Änderungen und Ergänzungen des Rechenverfahrens E DIN 4109:2013 für eine praxisgerechte Anwendung:

- explizite Einführung des Schall-Längsdämmmaßes $R^*_{L,w}$ als Zusammenfassung der Flanken-Schalldämmmaße $R_{Df,}$, $R_{Fd,}$ und R_{Ff}
- Für übliche Raumabmessungen sollte eine Korrektur auf die tatsächliche Kopplungslänge entfallen können.
- Aufnahme von Regelungen für die Schall-Längsdämmung von Massivwänden bei Leichtbau-Trennwänden.
- Übernahme des vereinfachten Nachweises Skelettbau aus dem alten Bbl. 1 zu DIN 4109

Literatur

[1] J. Maack Einspruch Entwurf DIN 4109, Mai 2014

[2] J. Maack Aktuelle Richtlinien zum Schallschutz im Hoch im Widerstreit, VMPA-Tagung September 2013, als download unter `www.ita.de`

[3] Herstellerangaben Fa. Wienerberger GmbH, Hannover

[4] W. Körner: Abschlussbericht Forschungsvorhaben "Schall-Längsdämmung porosierter Außenmauerwerke in Abhängigkeit der Stoßstellenausbildung", erstellt durch die GSA Limburg GmbH (1993)

[5] E. Sälzer, G. Eßer, J. Maack, Th. Möck, M. Sahl „Schallschutz im Hochbau“, Ernst & Sohn Verlag 2014

[6] M. Schneider, H. – M. Fischer "Umsetzung der Europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Ziegelindustrie, Abschlussbericht 1373, Hochschule für Technik, Stuttgart, April 2005

[7] $D_{n,f,w}$-Werte aus Herstellerangaben / Messungen nach DIN EN ISO 10 848-2 erforderlich (liegen z. Zt. kaum vor)