

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

Inhaltsverzeichnis

1	Außenlärmnachweis.....	1
2	Nachweisverfahren – Allgemein.....	1
2.1	Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'w, ges$ der Fassade.....	2
2.1.1	Bezogenes Schalldämm-Maß Re, i, w der einzelnen Bauteile und Elemente	2
2.1.2	Einbausituationen von Fenstern berücksichtigen	3
2.2	Anforderungen an Außenbauteile.....	3
2.2.1	Erforderlich gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'w, ges$	3
2.2.2	Maßgeblicher Außenlärmpegel La	4
2.2.3	Korrekturbeiwert KAL	5
2.2.4	Anforderungen an Decken und Dächer.....	5
3	Beispiel – Einfamilienhaus	6
3.1	Beschreibung des Gebäudestandorts.....	6
3.2	Gebäudedaten.....	6
3.2.1	Grundriss	6
3.2.2	Bauteile und Elemente.....	7
3.3	Fassadenlärmsituation.....	8
3.3.1	Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels	8
3.3.2	Überlagerung der maßgeblichen Außenlärmpegel	10
3.3.3	Berücksichtigung des Korrekturbeiwertes KLPB	10
3.4	Raumgeometrie.....	11
3.6	Außenlärmnachweis	13
3.6.1	Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'w, ges$ der Fassade	13
3.6.2	Gefordertes gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'w, ges$	14
3.6.3	Außenlärmnachweis – Status	15
4	Literaturverzeichnis.....	16

1 Außenlärmnachweis

Für alle Gebäude mit Aufenthaltsräumen, unabhängig davon, ob es sich um Wohn- oder Nichtwohngebäude handelt, ist der Schutz gegen Außenlärm nach DIN 4109-1:2018 zu berücksichtigen. Der Nachweis zum Schutz gegen Außenlärm ist integraler Bestandteil der Planung und ein notwendiger bautechnischer Nachweis. Maßgebend für die Festlegung der erforderlichen Schalldämm-Maße der raumumschließenden Bauteile sind die Außenlärmpegel am Gebäudestandort und an den einzelnen Fassaden sowie die Einbausituation der Fenster und die jeweiligen Abschlüsse zum Baukörper. Entsprechende Prognosen werden in der Regel von spezialisierten Ingenieurbüros durchgeführt, können aber - insbesondere bei Einfamilienhäusern – auch von Ingenieuren, Architekten oder auch Zimmerern entsprechend den gesetzlichen Anforderungen übernommen werden. Allerdings sind die Nachweise für Außenlärm nach DIN 4109-2:2018 vergleichsweise komplex und erfordern häufig Spezialwissen. In diesem Dokument wird das Nachweisverfahren zunächst allgemein beschrieben. Anschließend wird es anhand eines Beispiels praxisnah und anwenderfreundlich erläutert.

2 Nachweisverfahren – Allgemein

Mit dem Berechnungsverfahren nach DIN 4109-2:2018-01 wird das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade ermittelt. Es handelt sich um eine Art gemitteltes Schalldämm-Maß über alle Bauteile der vom Raum aus gesehenen Fassadenfläche. Im Rahmen des Nachweises ist der ermittelte Wert von $R'_{w,ges}$ um einen festgelegten Sicherheitsbeiwert u_{prog} zu reduzieren und das erforderliche gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $erf. R'_{w,ges}$ mit dem Korrekturwert für Außenlärm K_{AL} zu korrigieren. Unter „Fassade“ wird hier die Gesamtheit der Außenbauteile eines Raumes verstanden. Sie kann aus verschiedenen Bauteilen wie Wand, Dach, Fenster und Türen sowie aus Elementen wie Lüftungseinrichtungen und Verschattungselementen bestehen. Die Schalldämmung der Bauteile wird dabei durch das bewertete Schalldämmmaß R_w und die der Elemente üblicherweise durch die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ abgebildet. Die resultierende Schallübertragung über die Fassade wird durch die Schallübertragung der einzelnen Bauteile und Elemente bestimmt. Die Einhaltung der Anforderungen gilt als nachgewiesen, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

Tab. 1: Außenlärmnachweis nach DIN 4109-2:2018, 4.4.1

$R'_{w,ges} - u_{prog} \geq erf. R'_{w,ges} + K_{AL}$			Gl. (32)
-	Beiwerte	Bezeichnung	
Fassade	$R'_{w,ges}$	Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der nachzuweisenden Fassade [dB]	
	u_{prog}	Sicherheitsbeiwert für die Unsicherheit der Prognose $u_{prog} = 2$ [dB]	
Anforderung	$erf. R'_{w,ges}$	Erforderliches gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß, abhängig vom maßgeblichen Außenlärmpegel und der Raumart [dB] (z.B. Wohnen oder Büro)	
	K_{AL}	Korrekturbeiwert, abhängig von der (von innen gesehenen) Fassadenfläche und der Grundfläche des Raumes [dB]	

Hinweis: Für Planungszwecke außerhalb des Anwendungsbereiches der DIN 4109 können zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung von Außenbauteilen bei Bedarf auch die spektralen Anpassungswerte C oder C_{tr} verwendet werden, wenn die spektrale Eigenschaft des Außenlärms

berücksichtigt werden soll. Für die Bauteile und Elemente werden dann anstelle von R_w und $D_{n,e,w}$ die Größen $(R_w + C_{tr})$ und $(D_{n,e,w} + C_{tr})$ oder $(R_w + C)$ und $(D_{n,e,w} + C)$ verwendet. Die Verwendung dieser Bauteilgrößen führt zur Nachweisgröße $(R'_w + C_{tr})$ oder $(R'_w + C)$.

2.1 Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade

Das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade ergibt sich aus allen an der Fassade beteiligten Bauteilen und Elementen. Der Einfluss der Flankenübertragung ist in vielen Fällen vernachlässigbar und muss daher nur in Sonderfällen berechnet werden, so dass die vereinfachte Beziehung nach Gleichung (35) oder (36) angewendet werden kann. Diese Vereinfachung gilt insbesondere für den Holzleichtbau.

Tab. 2: Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade nach DIN 4109-2:2018, 4.4.1

$R'_{w,ges} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} \right]$		Gl. (35)
$R'_{w,ges} = -10 \log \left[\frac{1}{S_s} \sum_{i=1}^m S_i * 10^{-R_{i,w}/10} \right]$		Gl. (36) Alternative Formel zu Gl. (35)
Beiwerte	Bezeichnung	
$R_{e,i,w}$	Bewerte und auf die übertragende Gesamtfläche bezogene Schalldämm-Maß der Bauteile und Fassadenelemente i [dB]	
S_s	vom betrachteten Raum aus gesehene Gesamt-Fassadenfläche (d.h. Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente) [m ²]	
S_i	Fläche des Bauteils i bezogen auf den betrachteten Raum [m ²]	
$R_{i,w}$	bewertete Schalldämm-Maß des Bauteils i [dB]	

2.1.1 Bezogenes Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ der einzelnen Bauteile und Elemente

Das zur Bestimmung des gesamt bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{w,ges}$ erforderliche Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ der einzelnen Bauteile und Fassadenelemente wird wie folgt ermittelt:

Tab. 3: Bewertetes Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ für Bauteile und Elemente nach DIN 4109-2:2018, 4.4.2

Bauteile i wie Fenster, Wände und Dachflächen	$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{S_i} \right) + K_{LPB}$	Gl. (37)
Elemente i wie Verschattungselemente oder Lüftungseinrichtungen	$R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{A_0} \right) + K_{LPB}$	Gl. (38)
Beiwerte	Bezeichnung	
$D_{n,e,i,w}$	bewertete Norm-Schallpegeldifferenz eines Fassadenelements i [dB]	
A_0	Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$	
K_{LPB}	Korrekturbeiwert in Abhängigkeit von der Fassadenorientierung [dB]	

Bei den Gleichungen (37) bis (38) handelt sich um „Umrechnungsformeln“ der einzelnen Elemente auf die gesamte Fassadenfläche. Dabei wird die durchgelassene Schallenergie eines einzelnen Elements auf die gesamte Fassadenfläche umgerechnet. Es wird also ermittelt welches Schalldämm-Maß vorläge

wenn die gleiche Schallenergie des einzelnen Elements über die in der Regel größere Fassadenflächen durchgelassen wird.

Mit der Berücksichtigung des Korrekturbeiwerts K_{LBP} wird der Tatsache Rechnung getragen, dass nicht alle Fassadenseiten einem gleich hohen Außenlärmpegel ausgesetzt sind. Da der Nachweis aber nur mit einem Außenlärmpegel geführt werden kann, muss eine Korrektur erfolgen. Es wird der Umweg über eine Erhöhung des Schalldämm-Maßes gewählt. Das Schalldämm-Maß der Fassadenteile, die einem niedrigen Pegel ausgesetzt sind, wird um den Betrag erhöht, um den der Pegel niedriger ist als der höchste angrenzende Fassadenpegel. Anschließend werden alle Fassadenbauteile wieder mit dem gleichen, d.h. höchsten Außenlärmpegel berechnet. Anstatt die Berechnung mit unterschiedlichen Außenlärmpegeln für jede Fassade durchzuführen, wird einfach das Schalldämm-Maß „virtuell“ um die Pegeldifferenzen erhöht und es kann mit einem Außenlärmpegel gerechnet werden.

2.1.2 Einbausituationen von Fenstern berücksichtigen

Bei Fenster- und Türelementen kann die resultierende Schalldämmung im eingebauten Zustand durch Einbaufugen beeinflusst werden. Sie ist bei schalltechnisch kritische Einbausituationen nach DIN 4109-2:2018, 4.4.4 Tabelle 5 unter Berücksichtigung der Fugen mit den erforderlichen Eingangswerten (Schalldämmung des Fenster- oder Türelements ohne Einbaufuge R_w sowie Fugenschalldämm-Maß $R_{s,w}$) zu berechnen. Kritische Einbausituationen liegen vor, wenn Fenster- oder Türelemente im Bereich einer Dämmebene eingebaut werden. Dies kann sowohl im Massivbau- als auch im Holz-, Leicht- oder Trockenbau der Fall sein.

Fugen müssen so geplant und ausgeführt werden, dass das bewertete Schalldämm-Maß R_w des Fensters erhalten bleibt. Wird die Schalldämmung eingebauter Fenster durch die Einbausituation ungünstiger beeinflusst, ist das Fugenschalldämm-Maß $R_{s,w}$ entsprechend der Fenstereinbausituation zu berücksichtigen. Eine rechnerische Berücksichtigung ist in der Regel nicht erforderlich, wenn das Fugenschalldämm-Maß 10 dB größer ist als das Schalldämm-Maß R_w des Fensters. Ist $R_{s,w} \geq R_w + 10$ dB ist, kann auf eine gesonderte Berechnung des Fugeneinflusses verzichtet werden. Ist $R_{s,w} \leq R_w + 10$ dB, dann wird das resultierende Schalldämm-Maß R_w nach DIN 4109-2:2018, 4.4.4 Gl. (42) oder (43) berechnet.

2.2 Anforderungen an Außenbauteile

Die Anforderungen an das erforderliche Bau-Schalldämm-Maß $\text{erf. } R'_{w,ges}$ ergeben sich neben dem maßgeblichen Außenlärmpegel L_a aus der Raumgeometrie der Räume hinter der Gesamtfassade. Die Gesamtfassade setzt sich aus allen Bauteilen und Elementen zusammen, die den Raum nach außen begrenzen und ggf. unterschiedlichen Lärmpegeln ausgesetzt sind. Der Schallpegel, der sich in einem Raum einstellt, hängt vom Verhältnis der Fassadenfläche zur Grundfläche des Raumes ab. Das erforderliche Bau-Schalldämm-Maß der Fassade $\text{erf. } R'_{w,ges}$ ist daher mit dem Korrekturwert K_{AL} für das Flächenverhältnis Außenfassade / Grundfläche zu korrigieren.

2.2.1 Erforderlich gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß **erf. $R'_{w,ges}$**

Das geforderte gesamt bewertete Bau-Schalldämm-Maß $\text{erf. } R'_{w,ges}$ ist abhängig vom maßgeblichen Außenlärmpegel L_a und der Raumart $K_{Raumart}$. In der Regel liegen für Wohnräume höhere Anforderungen als für Büroräume vor.

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01



Tab. 4: geforderte gesamt bewertete Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$ nach DIN 4109-1:2018, 7.1

$erf. R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart}$		Gl. (6)
Beiwerte	Bezeichnung	
L_a	der maßgebliche Außenlärmpegel [dB] $L_a = L_{a,Addition}$	
$K_{Raumart}$	25 dB	für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien
	30 dB	für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches
	35 dB	für Büroräume und Ähnliches
	Dabei sind folgende Mindestwerte einzuhalten:	
	erf. $R'_{w,ges} = 35$ dB	für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien
	erf. $R'_{w,ges} = 30$ dB	für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches

2.2.2 Maßgeblicher Außenlärmpegel L_a

2.2.2.1 Allgemein

Für die verschiedenen Lärmquellen (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr, Wasserverkehr, Gewerbe) werden die maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{a,angewandt}$ mit den angepassten Mess- und Beurteilungsverfahren nach DIN 4109-2:2018, 4.4.5 ermittelt. Die rechnerische Ermittlung der Außenlärmpegel erfolgt mit dem vereinfachten Beurteilungsverfahren für Verkehrsgeräusche nach DIN 18005-1. Genauere Ergebnisse können nach der 16. BImSchV berechnet oder in besonderen Fällen durch entsprechend fachgerecht durchgeführte ortsspezifische Messungen ermittelt werden. Der maßgebliche Außenlärmpegel wird nach DIN 4109-1:2018, 7.2 jeweils für den Tag und für die Nacht (zuzüglich eines Zuschlags zur Berücksichtigung der erhöhten nächtlichen Störwirkung für überwiegend zum Schlafen genutzte Räume) ermittelt. Maßgebend ist die Lärmbelastung in der Tageszeit, die zu der höheren Anforderung führt.

Hinweis: Verschiedene Gesellschaften, Kommunen oder Bundesbehörden stellen Lärmkarten kostenlos im Internet zur Verfügung. Die dort verfügbaren Daten wurden jedoch häufig nach der Richtlinie 2002/49/EG (EU-Umgebungslärmrichtlinie) ermittelt und dürfen nicht zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels nach DIN 4109-2:2018 verwendet werden. Für den Nachweis im bautechnischen Sinne müssen Pegel getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum vorliegen.

2.2.2.2 Lärmpegelbereich

Stehen im Planungsstadium nur Lärmpegelbereiche zur Berechnung des erforderlichen Bau-Schalldämm-Maßes erf. $R'_{w,ges}$ zur Verfügung, so ist der maßgebliche Außenlärmpegel L_a nach DIN 4109-1:2018, 7.1 Tabelle 7 zu bestimmen.

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

Tab. 5: Zuordnung Lärmpegelbereiche und maßgebliche Außenlärmpegel L_a nach DIN 4109-1:2018, 7.1 Tabelle 7

	Lärmpegelbereich	L_a [dB]
1	I	55
2	II	60
3	III	65
4	IV	70
5	V	75
6	VI	80
7	VII	> 80 ^a

^a Für maßgebliche Außenlärmpegel $L_a > 80$ dB sind die Anforderungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

2.2.3 Korrekturbeiwert K_{AL}

Der Korrekturbeiwert K_{AL} ist abhängig von der gesamten lärmzugewandten Fassadenfläche (von innen gesehen) und der Raumgrundfläche.

Tab. 6: Bestimmung der raumgeometrischen Korrektur K_{AL} nach DIN 4109-2:2018, 4.4

$K_{AL} = 10 \log \left(\frac{S_s}{0,8 * S_G} \right)$		Gl. (33)
Beiwerte	Bezeichnung	
S_s	vom betrachteten Raum aus gesehene Gesamt-Fassadenfläche (d.h. Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente) [m ²]	
S_G	Die Grundfläche des Raume [m ²]	

2.2.4 Anforderungen an Decken und Dächer

Für voll ausgebaute Dachgeschosse gelten die Anforderungen analog zu den Außenbauteilen. Bei nicht ausgebauten Dachgeschossen sind die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018, 7.2 kombiniert durch Dach und Decke gemeinsam zu erfüllen. Die Anforderung ist erfüllt, wenn das Schalldämm-Maß der Decke allein das erforderliche Schalldämm-Maß $erf. R'_{w,ges}$ um nicht mehr als 10 dB unterschreitet.

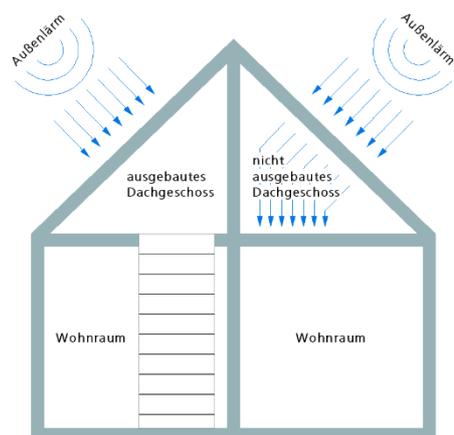


Abb. 1: Anforderungen an Decken und Dächer, eigene Darstellung

3 Beispiel – Einfamilienhaus

3.1 Beschreibung des Gebäudestandorts

Bei dem nachzuweisenden Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit zwei Vollgeschossen und nicht ausgebautem Dachgeschoss in Holztafelbauweise in einem klassischen Wohngebiet mit Erschließung über Stichstraßen. Im Süden verläuft eine Bundesstraße und im Osten eine Bahnlinie. Außerdem befindet sich östlich des Gebäudes ein Gewerbegebiet. Lärmschutzwände sind nicht vorhanden.

3.2 Gebäudedaten

3.2.1 Grundriss

Der Nachweis des Außenlärms ist für jeden schutzbedürftigen Raum in einem Gebäude zu führen. Für das Berechnungsbeispiel wird exemplarisch das Kinderzimmer „Kind 1“ im OG ausgewählt.

Tab. 7: Auswahl schutzbedürftiger Räume

nicht zu berücksichtigende Räume	Küchen ¹ , Flure, Bäder ² , Toilettenräume, Abstellräume oder andere Nebenräume
zu berücksichtigende = schutzbedürftige Räume	Aufenthalts- und Schlafräume wie Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer, Arbeitszimmer
1	Ist die Küche ohne Tür direkt mit dem Wohnzimmer verbunden (Wohnküche), gilt der Gesamtraum aus Küche und Wohnzimmer als ein schutzbedürftiger Raum.
2	Manche Bauherren stellen an Bäder mit Wannen zwecks der Entspannung erhöhte Ruheanforderungen, sodass auch diese Räume nach Absprache als schutzbedürftig zählen können.

In den Grundrissen sind alle schutzbedürftigen Räume farbig dargestellt und entsprechend vermasst.

Grundriss_EG_EFH

Grundriss_OG_EFH

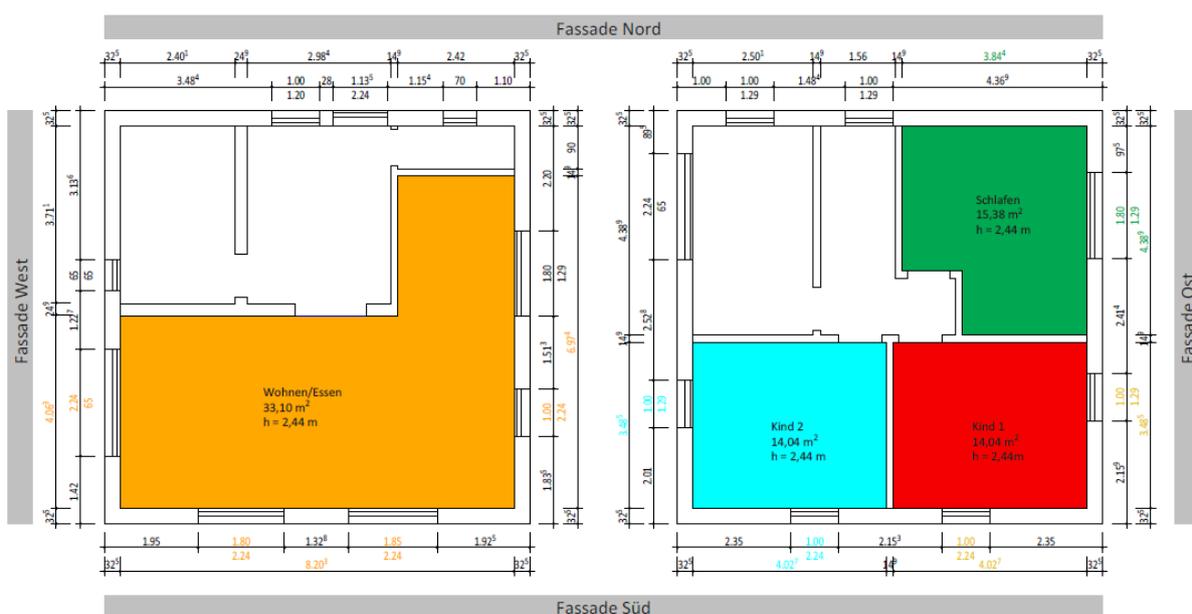


Abb. 2: Grundriss EG und OG - EFH

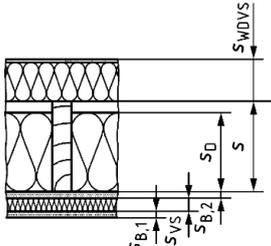
Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

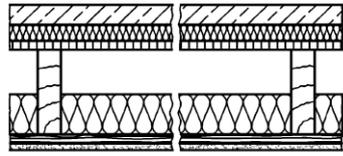
3.2.2 Bauteile und Elemente

Nachfolgend sind die Datenblätter der relevanten Bauteile und Elemente mit den wichtigsten Parametern für den Nachweis des Außenlärms aufgeführt.

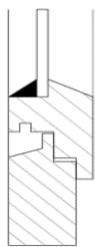
Tab. 8: Bauteil – Außenwand AW01

	Bauteil	Außenwand
	Bauteilkennung	AW01
	Quelle	DIN 4109-33, Tab. 7 Zeile 2
	Bewertetes Schalldämm-Maß	$R_w = 51 \text{ dB}$
	Spektrum-Anpassungswerte	$C; C_{tr} = -1; -6 \text{ dB}$
	Rechenwerte	$R_w + C = 50 \text{ dB}$ $R_w + C_{tr} = 45 \text{ dB}$

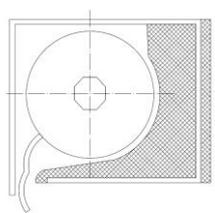
Tab. 9: Bauteil – Decke DE01

	Bauteil	Decke
	Bauteilkennung	DE01
	Quelle	DIN 4109-33, Tab. 17 Zeile 1
	Bewertetes Schalldämm-Maß	$R_w = 63 \text{ dB}$
	Spektrum-Anpassungswerte	$C; C_{tr} = -5; -11 \text{ dB}$
	Rechenwerte	$R_w + C = 58 \text{ dB}$ $R_w + C_{tr} = 52 \text{ dB}$

Tab. 10: Bauteil – Einfachfenster mit Isolierverglasung F01

	Bauteil	Einfachfenster mit Isolierverglasung
	Bauteilkennung	F01
	Quelle	DIN 4109-35, Tab. 1 Zeile 5
	Bewertetes Schalldämm-Maß	$R_w = 45 \text{ dB}$
	Spektrum-Anpassungswerte	$C; C_{tr} = -2; -4 \text{ dB}$
	Rechenwerte	$R_w + C = 43 \text{ dB}$ $R_w + C_{tr} = 41 \text{ dB}$

Tab. 11: Element – Verschattungselement R01

	Element	Verschattungselement
	Bauteilkennung	R01
	Quelle	Datenblatt Roma Rollo Karo 210 Panzer oben
	Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz	$D_{n,e,w} = 55,0 \text{ dB}$
	Spektrum-Anpassungswerte	$C; C_{tr} = -1; -3 \text{ dB}$
	Rechenwerte	$D_{n,e,w} + C = 54 \text{ dB}$ $D_{n,e,w} + C_{tr} = 52 \text{ dB}$

3.3 Fassadenlärmsituation

Entscheidend für die Festlegung des erforderlichen Bau-Schalldämm-Maßes erf. $R'_{w,ges}$ ist die genaue Kenntnis des Außenlärmpegels am Gebäudestandort. Zur Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels werden die Lärmbelastungen der einzelnen Lärmquellen ermittelt.

3.3.1 Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels

3.3.1.1 Fassade Süd

Tab. 12: Lärmquelle - Straßenverkehr

$L_{r,Tag}$	63 dB	Datenquelle	Nomogramme DIN 18005-1: 2002-07, Bild A.1 und A.2 Kfz/Tag: ca. 5100 DTV Abstand/Entfernung: ca. 40 m Straßenoberfläche: nicht geriffelter Gußasphalt Entfernung zu Lichtsignalanlage > 100 m
$L_{r,Nacht}$	55 dB		
Nachtkriterium	ja	$\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht}$ $\Delta L_r > 10$; Tag maßgebend (nein) $\Delta L_r < 10$; Nacht maßgebend (ja) $\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} = 63 \text{ dB} - 55 \text{ dB} = 8 \text{ dB} < 10$ (ja) wenn $\Delta L_r < 10$ (ja), dann erhöht sich der Beurteilungspegel für $L_{r,Nacht}$ um 10 dB(A)	
$L_{\alpha,angewandt}$	65 dB	$L_{\alpha,angewandt} = L_{r,Nacht} + 10 \text{ dB} = 55 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 65 \text{ dB}$	

A.2 Straßenverkehr

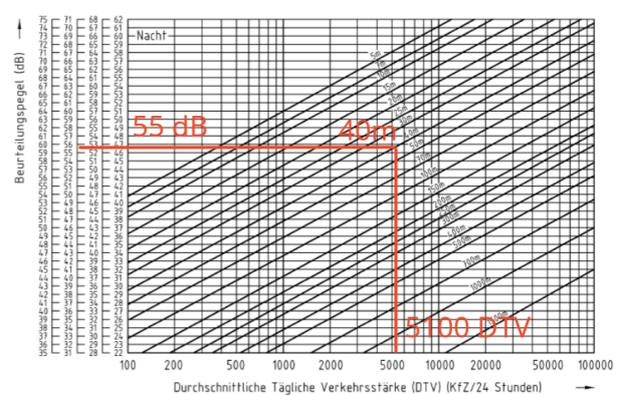
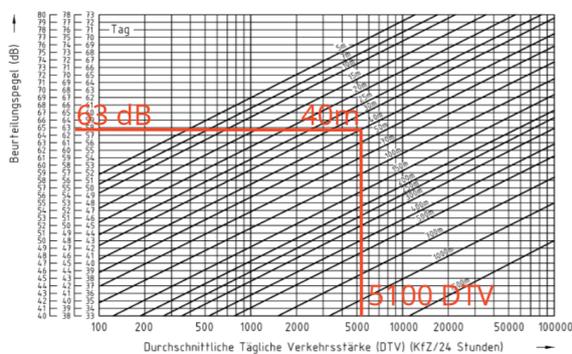


Abb. 3: Nomogramme DIN 18005-1: 2002-07, Bild A.1 und A.2 - Straßenverkehr

Hinweis: Daten zum Fahrzeugaufkommen (DTV) können z.B. in Bayern unter <http://www.baysis.bayern.de>, in Baden-Württemberg unter <https://mobidata-bw.de/> oder unter <http://www.bast.de> abgerufen werden. Dabei ist es erforderlich, für die Zahlen der Verkehrszählungen aus bestimmten Jahren den Wert für ein Prognosejahr in der Zukunft mithilfe von Zunahmefaktoren zu berechnen. Dies bildet ein eventuell zunehmendes Verkehrsaufkommen ab.

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

3.3.1.2 Fassade Ost

Tab. 13: Lärmquelle - Schienenverkehr

L_{r,Tag}	72 dB	Datenquelle	Nomogramme DIN 18005-1: 2002-07, Bild A.3 und A.4 Nahverkehr mit Güterzügen Züge/h (Tag): 11 Züge/h (Nacht): 1 Entfernung: 15 m
L_{r,Nacht}	59 dB		
Nachtkriterium	nein	$\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht}$ $\Delta L_r > 10$; Tag maßgebend (nein) $\Delta L_r < 10$; Nacht maßgebend (ja) $\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} = 72 \text{ dB} - 59 \text{ dB} = 13 \text{ dB} > 10$ (nein)	
L_{a,angewandt}	70 dB	$L_{a,angewandt} = L_{r,Tag} - 5 \text{ dB} = 72 \text{ dB} - 5 \text{ dB} = 67 \text{ dB}$ Korrektur um -5 dB zur Berücksichtigung der geringeren Störwirkung des Schienenverkehrslärms nach DIN 4109-2, 4.4.5.3	

A.3 Schienenverkehr

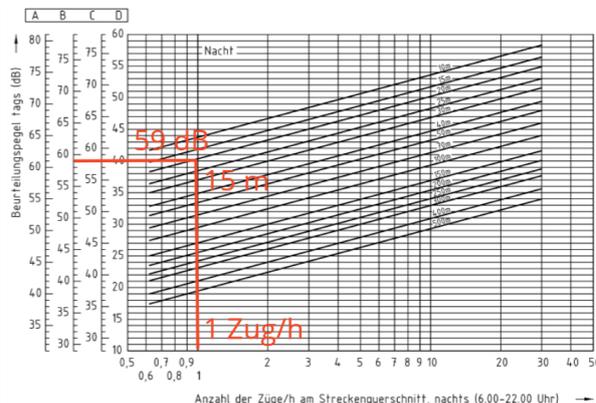
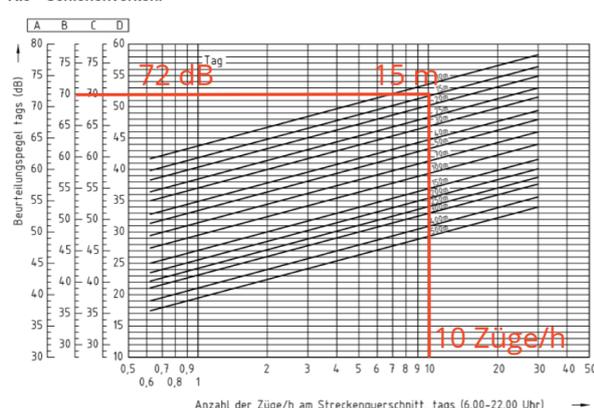


Abb. 4: Nomogramme DIN 18005-1: 2002-07, Bild A.3 und A.4 - Schienenverkehr

Hinweis: Die Daten zur Anzahl der Züge können überschlägig aus dem Geodatenservice des Eisenbahnbundesamts bezogen werden, abrufbar unter <https://geoportal.eisenbahn-bundesamt.de>. Hier sind die jährlichen Zugbewegungen für einzelne Strecken einsehbar. Gegen Gebühr besteht die Möglichkeit, bei der Deutschen Bahn eine Anfrage für eine konkrete Strecke zu stellen. Auf diese Weise können für einen Prognosezeitraum in der Zukunft präzise Informationen über Art, Geschwindigkeit und Anzahl der Züge erhalten werden.

Tab. 14: Lärmquelle - Gewerbe

L_{r,Tag}	55 dB	Datenquelle	TA Lärm im Bebauungsplan – Allgemeines Wohngebiet
L_{r,Nacht}	40 dB		
Nachtkriterium	nein	$\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht}$ $\Delta L_r > 10$; Tag maßgebend (nein) $\Delta L_r < 10$; Nacht maßgebend (ja) $\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} = 55 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = 15 \text{ dB} > 10$ (nein)	
L_{a,angewandt}	55 dB	$L_{a,angewandt} = L_{r,Tag} = 55 \text{ dB}$	

Hinweis: Sofern präzisere Daten nicht verfügbar sind, dienen die Immissionsrichtwerte des Gebiets als maximal anzunehmende Einwirkung. Es wird folglich angenommen, dass der zulässige Richtwert des jeweiligen Gebiets nicht überschritten wird, sondern im zulässigen Bereich liegt. Sollten jedoch Hinweise darauf vorliegen, dass ein höherer Pegel, beispielsweise durch Trafostationen oder ähnliches, vorhanden ist, muss dieser spezifisch für den jeweiligen Ort berechnet werden.

3.3.2 Überlagerung der maßgeblichen Außenlärmpegel

$L_{a,Addition}$ ergibt sich aus den $L_{a,angewandt}$ -Werten die zuvor ermittelt wurden. Die Addition von 3 dB(A) darf nur einmal erfolgen, d. h. auf den Summenpegel. Für sämtliche Fassaden, die den zu untersuchenden Raum betreffen, werden die relevanten Außenlärmpegel berechnet. Als bemessungsmaßgebend gilt der höchste maßgebliche Außenlärmpegel (im vorliegenden Beispiel an der Ostfassade). Für alle weiteren Fassaden erfolgt die Ermittlung eines K_{LPB} durch Differenzbildung zwischen dem höchsten maßgeblichen Außenlärmpegel (L_a) und dem maßgeblichen Außenlärmpegel (L_a) der jeweiligen Fassade. Dieser K_{LPB} wird anschließend zu den bezogenen Schalldämm-Maßen der entsprechenden Fassadenelemente addiert (siehe Abschnitt 3.4).

Tab. 15: Überlagerung der maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{a,Addition}$

	Orientierung			
	Fassade Nord	Fassade Süd	Fassade Ost	Fassade West
$L_{a,angewandt}$	-	65 dB (Straßenverkehr)	67 dB (Schienenverkehr)	-
	-		55 dB (Gewerbe)	-
$L_{a,Addition}^1$	-	68 dB	71dB	-
$L_{a,Addition} = L_{a,res} = 10 \log \sum_{i=1}^n (10^{0,1 \cdot L_{a,i}}) \text{ [dB]} \quad \text{DIN 4109-1, 4.4.5.7 Gl. 44}$				
$L_{a,Addition} = 10 \log(10^{0,1 \cdot 65 \text{ dB}}) + 3 \text{ dB} = 68 \text{ dB}$				
$L_{a,Addition} = 10 \log(10^{0,1 \cdot 67 \text{ dB}} + 10^{0,1 \cdot 55 \text{ dB}}) + 3 \text{ dB} = 70,3 \text{ dB} = 71 \text{ dB}$				

Der maßgebende Wert für die Ermittlung des erforderlichen gesamt bewerteten Bau-Schalldämm-Maß erfolgt mit $L_{a,Addition} = 71 \text{ dB}$.

3.3.3 Berücksichtigung des Korrekturbeiwertes K_{LPB}

Bei unterschiedlich orientierten Außenflächen eines Raumes können sich für die Fassadenflächen auch unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel ergeben.

Um die an den jeweiligen Fassadenflächen anliegenden unterschiedlichen Lärmpegel zu berücksichtigen, wird für jeden vom maximal vorliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel abweichenden maßgeblichen Außenlärmpegel ein Korrekturwert K_{LPB} berechnet und zu allen Schalldämm-Maßen $R_{e,i,w}$ der diesem maßgeblichen Außenlärmpegel zugeordneten Fassadenteile addiert. Der Korrekturwert K_{LPB} wird aus der Differenz des höchsten an der Gesamtfassade des betrachteten Empfangsraumes vorhandenen maßgeblichen Außenlärmpegels betrachteten Empfangsraumes vorhandenen maßgeblichen Außenlärmpegels $L_{a,max}$ und dem an der betrachteten Fassadenfläche i einwirkenden niedrigeren maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{a,i}$.

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

Tab. 16: Korrekturbeiwert K_{LPB} für jede Fassadenseite

	Orientierung			
	Fassade Nord	Fassade Süd	Fassade Ost	Fassade West
$L_{a,angewandt,max}^1$	-	-	67 dB (Schienenverkehr)	-
$L_{a,angewandt}^2$	-	65 dB (Straßenverkehr)	-	-
K_{LPB}^3	-	2 dB	-	-

¹ Der höchste an der Gesamtfassade des betrachteten Empfangsraumes vorhandene maßgebliche Außenlärmpegel $L_{a,max} = L_{a,angewandt,max}$.
² Der an der Fassadefläche i einwirkende niedrigere maßgebliche Außenlärmpegel $L_{a,i} = L_{a,angewandt}$.
³ $K_{LPB} = L_{a,angewandt,max} - L_{a,angewandt} = 67 \text{ dB} - 65 \text{ dB} = 2 \text{ dB}$

3.4 Raumgeometrie

Zwei Wände des Raumes „Kind1“ sind dem Lärm ausgesetzt und bilden somit die Fassadenfläche. Die wichtigsten geometrischen Parameter der einzelnen Bauteile und Elemente der jeweiligen Fassadenseite sind in den Tabellen 17 (Fassade Süd) und 18 (Fassade Ost) aufgeführt.

Tab. 17: Bauteile und Elemente - Fassade Süd

Bauteil/ Element	Geometrische Parameter des Fassadenteils Süd				
Wand	Bezeichnung	Länge innen [m] $l_{Wand,1}$	Höhe innen [m] $h_{Wand,1}$	Wandfläche ges. [m ²] $A_{Wand,1,ges}$	Fläche der Wand ¹ [m ²] $S_{Wand,1}$
	Wand 1	4,03 m	2,44 m	9,83 m ²	7,59 m ² (Netto)
Fenster	Bezeichnung	Anzahl	Breite innen [m] $b_{Fenster,1}$	Höhe innen [m] $h_{Fenster,1}$	Fläche des Fensters [m ²] $A_{Fenster,1} = S_{Fenster,1}$
	Fenster 1	1	1,00 m	2,24 m	2,24 m ²
Ver- schattung	Bezeichnung	Anzahl	Breite innen [m] $b_{Rollladen,1}$	Höhe innen [m] $h_{Rollladen,1}$	Rollladen wird über die Länge berücksichtigt
	Rollladen 1	1	1,00 m	0,27 m	

¹ Fläche der Wand bezogen auf den betrachteten Raum [m²]
 $S_i = S_{Wand,1} = A_{Wand,1,ges} - A_{Fenster,1} = 9,83 \text{ m}^2 - 2,24 \text{ m}^2 = 7,59 \text{ m}^2$

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

Tab. 18: Geometrische Parameter - Fassade Ost

Bauteil/ Element	Geometrische Parameter des Fassadenteils Ost				
Wand	Bezeichnung	Länge innen [m] $l_{\text{Wand},2}$	Höhe innen [m] $h_{\text{Wand},2}$	Wandfläche ges. [m ²] $A_{\text{Wand},2,\text{ges}}$	Fläche der Wand ¹ [m ²] $S_{\text{Wand},2}$
	Wand 2	3,49 m	2,44 m	8,52 m ²	7,23 m ² (Netto)
Fenster	Bezeichnung	Anzahl	Breite innen [m] $b_{\text{Fenster},2}$	Höhe innen [m] $h_{\text{Fenster},2}$	Fläche des Fensters [m ²] $A_{\text{Fenster},2} = S_{\text{Fenster},2}$
	Fenster 2	1	1,00 m	1,29 m	1,29 m ²
Ver- schattung	Bezeichnung	Anzahl	Breite innen [m] $b_{\text{Rollladen},2}$	Höhe innen [m] $h_{\text{Rollladen},2}$	Rollladen wird über die Länge berücksichtigt
	Rollladen 2	1	1,00 m	0,27 m	
¹ Fläche einer Wand bezogen auf den betrachteten Raum [m ²] $S_i = S_{\text{Wand},2} = A_{\text{Wand},2,\text{ges}} - A_{\text{Fenster},2} = 8,52 \text{ m}^2 - 1,29 \text{ m}^2 = 7,23 \text{ m}^2$					

Aus den Wandflächen ergibt sich die Gesamtfassadenfläche S_s der vom Raum aus gesehenen Fassadenfläche. Diese und die Grundfläche S_G des betrachteten Raumes sind nachstehend angegeben.

Tab. 19: Gesamtfassadenfläche S_s und Grundfläche S_G des schutzbedürftigen Raumes

Name	Nutzung	Gesamtfassadenfläche ¹ $S_s = A_{\text{Fassade,ges}} [\text{m}^2]$	Grundfläche des Raumes $S_G [\text{m}^2]$
Kind 1	Kinderzimmer	18,35 m ²	14,06 m ²
¹ Die Gesamtfassadenfläche S_s ist die Summe aller vom Raum aus betrachteten Fassadenflächen $A_{\text{Wand},i,\text{ges}}$ einschließlich aller Bauteile und Elemente [m ²] $S_s = A_{\text{Fassade,ges}} = A_{\text{Wand},1,\text{ges}} + A_{\text{Wand},2,\text{ges}} = 9,83 \text{ m}^2 + 8,52 \text{ m}^2 = 18,35 \text{ m}^2$			
² $S_G = l_{\text{Wand},1} * l_{\text{Wand},2} = 4,03 \text{ m} * 3,49 \text{ m} = 14,06 \text{ m}^2$			

3.6 Außenlärmnachweis

3.6.1 Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade

3.6.1.1 Ermittlung des bezogenen Schalldämm-Maßes $R_{e,i,w}$ der einzelnen Bauteile und Elemente

Tab. 20: bezogenes Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ für die Wände

Bezeichnung	Bauteil-kennung	Orientierung	$R_{i,w}^1$ [dB]	S_i^2 [m ²]	K_{LPB} [dB]	$R_{e,i,w}^3$ [dB]
Wand 1	AW01	Süd	51 dB	7,59 m ²	2 dB	56,8 dB
Wand 2	AW01	Ost	51 dB	7,23 m ²	-	55,1 dB
1	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_{i,w}$ der Bauteile nach Abschnitt 3.2.2, Tabelle 8 und 10					
2	Fläche des Bauteils i bezogen auf den betrachteten Raum nach Abschnitt 3.4, Tabelle 17 und 18					
	Bewerte und auf die übertragende Gesamtläche bezogene Schalldämm-Maß der Bauteile und Fassadenelemente nach Abschnitt 2.1.1, Gleichung (37)					
3	Wand 1: $R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{S_i} \right) + K_{LPB} = 51 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{7,59 \text{ m}^2} \right) + 2 \text{ dB} = 56,9 \text{ dB}$					
	Wand 2: $R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{S_i} \right) + K_{LPB} = 51 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{7,23 \text{ m}^2} \right) + 0 \text{ dB} = 55,1 \text{ dB}$					

Tab. 21: bezogenes Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ für Fenster

Bezeichnung	Bauteil-kennung	Orientierung	$R_{i,w}$ [dB]	S_i [m ²]	K_{LPB} [dB]	$R_{e,i,w}^3$ [dB]
Fenster 1	F01	Süd	45 dB	2,24 m ²	2 dB	56,1 dB
Fenster 2	F01	Ost	45 dB	1,29 m ²	-	56,6 dB
Einbau-situation	Bei den Außenwänden liegen die Fenster nicht im Bereich der Dämmebene, daher ist die Einbausituation unkritisch.					
3	Bewerte und auf die übertragende Gesamtläche bezogene Schalldämm-Maß der Bauteile und Fassadenelemente nach Abschnitt 2.1.1, Gleichung (37)					
	Fenster 1: $R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{S_i} \right) + K_{LPB} = 45 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{2,24 \text{ m}^2} \right) + 2 \text{ dB} = 56,1 \text{ dB}$					
	Fenster 2: $R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{S_i} \right) + K_{LPB} = 45 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{1,29 \text{ m}^2} \right) + 0 \text{ dB} = 56,5 \text{ dB}$					

Tab. 22: bezogenes Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ für Verschattungselemente

Bezeichnung	Bauteil-kennung	Orientierung	$D_{n,e,w}^1$ [dB]	A_0^2 [m ²]	K_{LPB} [dB]	$R_{e,i,w}^3$ [dB]
Rollladen 1	R01	Süd	55 dB	10 m ²	2 dB	59,6 dB
Rollladen 2	R01	Ost	55 dB	10 m ²	-	57,6 dB
1	Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ des Verschattungselements nach Abschnitt 3.2.2, Tabelle 11					
2	Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$ nach Abschnitt 2.1.1, Tabelle 3					
	Bewerte und auf die übertragende Gesamtläche bezogene Schalldämm-Maß der Bauteile und Fassadenelemente nach Abschnitt 2.1.1, Gleichung (38)					
3	Rollladen 1: $R_{e,i,w} = D_{n,e,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{A_0} \right) + K_{LPB} = 55 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{10,0 \text{ m}^2} \right) + 2 \text{ dB} = 59,6 \text{ dB}$					
	Rollladen 2: $R_{e,i,w} = D_{n,e,w} + 10 \log \left(\frac{S_s}{A_0} \right) + K_{LPB} = 55 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{10,0 \text{ m}^2} \right) + 0 \text{ dB} = 57,6 \text{ dB}$					

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

3.6.1.2 Ermittlung des gesamt bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade ergibt sich aus den flächenbezogenen Schalldämm-Maßen $R_{e,i,w}$ der an der Direktschallübertragung beteiligten Bauteile und Elemente.

Tab. 23: Ermittlung des gesamt bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$

$R_{e,Wand,1,w}$ [dB]	$R_{e,Wand,2,w}$ [dB]	$R_{e,Fenster,1,w}$ [dB]	$R_{e,Fenster,2,w}$ [dB]	$R_{e,Rollladen,1,w}$ [dB]	$R_{e,Rollladen,2,w}$ [dB]	$R'_{w,ges}$ ¹ [dB]
56,8 dB	55,1 dB	56,1 dB	56,6 dB	59,6 dB	57,6 dB	49,0 dB
Gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ nach Abschnitt 2.1, Gleichung (35)						
$R'_{w,ges} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^m 10^{-\frac{R_{e,i,w}}{10}} \right]$ $= -10 \log \left[\sum_{i=6}^m 10^{-56,8/10} + 10^{-55,1/10} + 10^{-56,1/10} + 10^{-56,6/10} + 10^{-59,6/10} + 10^{-57,6/10} \right] = 49,0 \text{ dB}$						

3.6.2 Gefordertes gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$

3.6.2.1 Ermittlung des geforderten gesamt bewerteten Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$

Tab. 24: Ermittlung des geforderten gesamt bewerteten Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$

$L_{a,Addition}$ ¹ [dB]	$K_{Raumart}$ ² [dB]	erf. $R'_{w,ges}$ ³ [dB]
71 dB (Ost)	30 dB	41 dB
¹ maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{a,Addition}$ nach Abschnitt 3.3.2, Tabelle 15 ² Raumart nach Abschnitt 2.2.1, Tabelle 4 (Schlafraum) ³ Gefordertes gesamt bewertetes Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$ nach Abschnitt 2.2.1, Gleichung (6) $erf. R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart} = 71 \text{ dB} - 30 \text{ dB} = 41 \text{ dB}$		

3.6.2.2 Anforderungen an Decken und Dächer

Da in diesem Beispiel das Dachgeschoss über dem Raum nicht ausgebaut ist, müssen die Anforderungen für Dach und Decke zusammen erfüllt werden.

Tab. 25: Anforderungen an Decken und Dächer

erf. $R'_{w,ges}$ [dB]	R_w ¹ [dB]	erf. $R'_{w,ges} + 10 \text{ dB} < R_w$
41 dB	63 dB	51 dB < 63 dB Anforderung erfüllt
¹ Bewertetes Schalldämm-Maß der Decke DE01 nach Abschnitt 3.2.2, Tabelle 9		

Berechnungsbeispiel Außenlärm

nach DIN 4109-1 und 2:2018-01

3.6.2.3 Korrekturbeiwert K_{AL}

Der Korrekturbeiwert K_{AL} ist abhängig von der Fassadenfläche (von innen gesehen) und der Grundfläche des Raumes.

Tab. 26: Bestimmung der raumgeometrischen Korrektur K_{AL}

S_s^1 [m ²]	S_G^2 [m ²]	K_{AL}^3 [-]
18,35 m ²	14,06 m ²	2,1
¹	vom betrachteten Raum aus gesehene Gesamt-Fassadenfläche S_s nach Abschnitt 3.4, Tabelle 19	
²	Die Grundfläche des Raumes S_G nach Abschnitt 3.4, Tabelle 19	
	Korrekturbeiwert K_{AL} nach Abschnitt 2.2.3, Gleichung (33)	
³	$K_{AL} = 10 \log\left(\frac{S_s}{0,8 * S_G}\right) = 10 \log\left(\frac{18,35 \text{ m}^2}{0,8 * 14,06 \text{ m}^2}\right) = 2,1$	

3.6.3 Außenlärmnachweis – Status

Die Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4109-2:2018-01 gilt als nachgewiesen, sofern die folgende Bedingung erfüllt ist:

Tab. 27: Außenlärmnachweis

$R'_{w,ges} - u_{prog} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL}$
$49,0 \text{ dB} - 2 \text{ dB} \geq 41 \text{ dB} + 2,1$
$47,0 \text{ dB} \geq 43,1 \text{ dB} \checkmark$

Der Nachweis für den Raum „Kind 1“ ist erfüllt.

4 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen
- [2] DIN 4109-2:2018-01 Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- [3] DIN 18005:2023-07 Schallschutz im Städtebau - Grundlagen und Hinweise für die Planung