

Zusammenfassung, Block 01, Rückblick Bauakustik;

Luftschallschutz; Außenlärm

Themen

Luftschalldämmung:  
 Einschaliger Bauteile  
 Zweischalige Bauteile  
 Biegeweiche Vorsatzschalen

Schalldämmung  
 einschaliger Bauteile

Für einschalige, massive Bauteile steigt die Schalldämmung mit ansteigender flächenbezogener Masse und mit ansteigender Frequenz.

**Bergersche Massegesetz:**

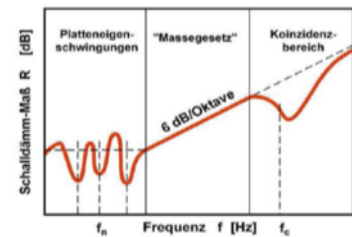
$$R = 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{\pi f m'}{\rho_L \cdot c_L \cos \vartheta} \right)^2 \right] \text{ [dB]}$$

$\rho_L$  = Rohdichte der Luft (1,25 kg/m<sup>3</sup>)

$c_L$  = Schallgeschwindigkeit in Luft (340 m/s)

$\vartheta$  = Einfallswinkel

$$R = 20 \log(f \cdot m') - 47 \text{ [dB]}$$



Verdopplung der flächenbezogenen Masse: + 6dB

6dB Zunahme der Schalldämmung je

Streifender Schalleinfall verursacht Rec

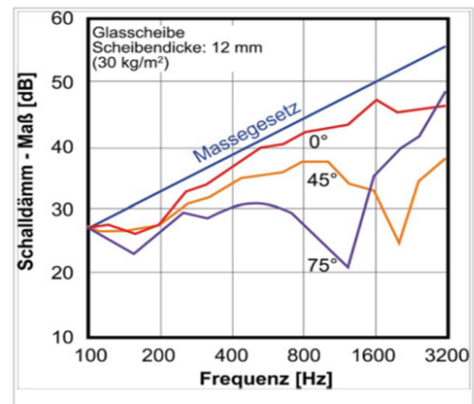
Senkrechter Schalleinfall mit Maximum

Diffuses Schallfeld (Einfallswinkel  $\vartheta = 45^\circ$  Einfall

**Abhängigkeit vom Schalleinfallswinke**

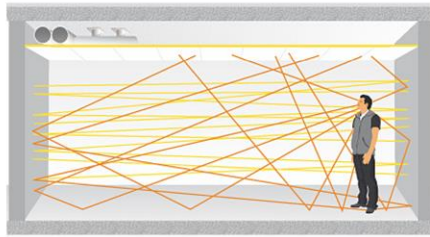
Schräger Einfallswinkel: Reduzierung d

Diffuses Schallfeld: - 3 dB gegenüber s



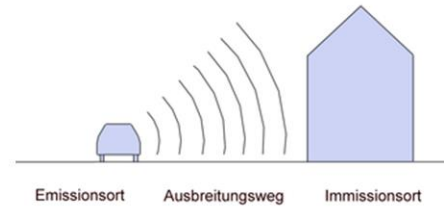
Diffuses Schallfeld

**Diffuses Schallfeld:** Schallgeschwindigkeit rd. 330 Meter pro Sekunde



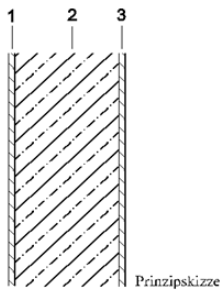
**Gerichteter Schalleinfall:**

Bei großer Entfernung  
nahezu senkrecht



Luftschalldämmung 01

**Umsetzung der schalltechnischen Anforderung an die Luftschalldämmung eines trennenden Bauteils in einer einschaligen Konstruktion im Massivbau**



**Flächenbezogene Masse  $m'_{ges}$  / [kg/m<sup>2</sup>]**

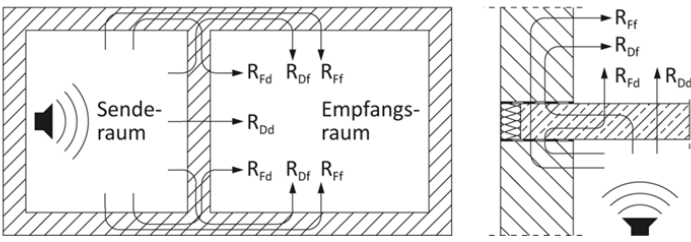
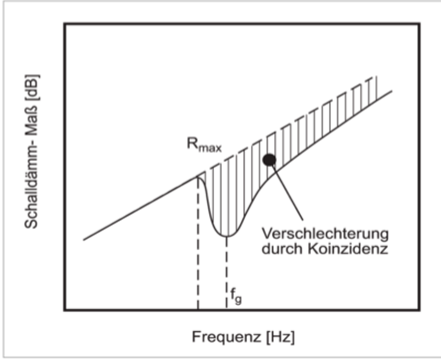
$$m'_{Wand} = \rho \times d$$

$$m'_{ges} = m'_{Wand} + m'_{Putz}$$

Tabelle 1. **Bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  <sup>1) 2)</sup> von einschaligen, biegesteifen Wänden und Decken (Rechenwerte)**

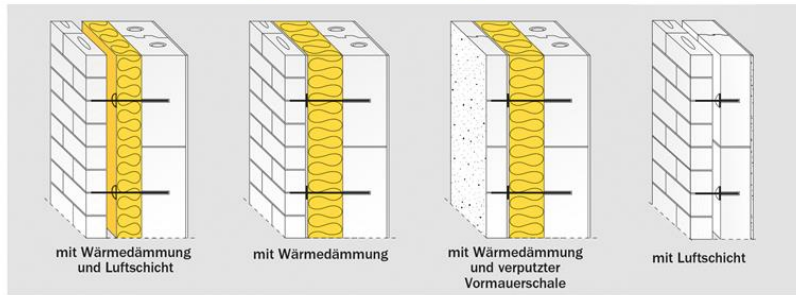
Spalte	1	2
Zeile	Flächenbezogene Masse $m'$ kg/m <sup>2</sup>	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ dB
1	85 <sup>3)</sup>	34
2	90 <sup>3)</sup>	35
3	95 <sup>3)</sup>	36
4	105 <sup>3)</sup>	37
5	115 <sup>3)</sup>	38
6	125 <sup>3)</sup>	39
7	135	40
8	150	41
9	160	42
10	175	43
11	190	44
12	210	45
13	230	46
14	250	47
15	270	48
16	295	49
17	320	50
18	350	51
19	380	52
20	410	53
21	450	54
22	490	55
23	530	56
24	580	57
25 <sup>4)</sup>	630	58
26 <sup>4)</sup>	680	59
27 <sup>4)</sup>	740	60
28 <sup>4)</sup>	810	61
29 <sup>4)</sup>	880	62
30 <sup>4)</sup>	960	63
31 <sup>4)</sup>	1040	64

- 1) Gültig für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L, Mittel}$  von etwa 300 kg/m<sup>2</sup>. Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle 1 siehe Abschnitt 3.1
- 2) Messergebnisse haben gezeigt, daß bei verputzten Wänden aus dampfgehärteten Gasbeton und Leichtbeton mit Blähtonzuschlag mit Steinrohddichte  $\leq 0,8$  kg/dm<sup>3</sup> bei einer flächenbezogenen Masse bis 250 kg/m<sup>2</sup> das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  um 2 dB höher angesetzt werden kann. Das gilt auch für zweischaliges Mauerwerk, sofern die flächenbezogene Masse der Einzelschale  $m' \leq 250$  kg/m<sup>2</sup> beträgt.
- 3) Sofern Wände aus Gips-Wandbauplatten nach DIN 4103 Teil 2 ausgeführt und am Rand ringsum mit 2 mm bis 4 mm dicken Streifen aus Bitumenfilz eingebaut werden, darf das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  um 2 dB höher angesetzt werden.
- 4) Diese Werte gelten nur für die Ermittlung des Schalldämm-Maßes zweischaliger Wände aus biegesteifen Schalen nach Abschnitt 2.3.2.

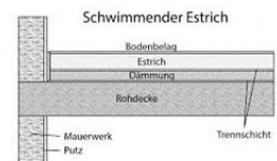
<p>Luftschalldämmung 02</p>	<p><b>R:</b> Schalldämm-Maß in dB</p> <p><b>R':</b> Schalldämm-Maß einschließlich Flankenübertragung in dB</p> <p><b>R'<sub>w</sub>:</b> Bewertetes Schalldämm-Maß einschließlich Flankenübertragung in dB (Einzahlangabe)</p> <p><b>R'<sub>w,R</sub>:</b> Bewertetes Schalldämm-Maß einschließlich Flankenübertragung in dB, Rechenwert (Einzahlangabe)</p> 						
<p>Grenzfrequenz</p>	<p style="text-align: center;"><b>Grenzfrequenz (Koinzidenzfrequenz)</b></p> <p>Das Minimum der Schalldämmung liegt knapp oberhalb der sog. Grenzfrequenz (Koinzidenzfrequenz) <math>f_g</math> oder <math>f_{gr}</math>.</p>  <p>Koinzidenz- oder Spuranpassungseffekt;</p> <p>Koinzidenzgrenzfrequenz: Niedrigste Frequenz bei der der Koinzidenzeffekt auftritt.</p> <p>Sollte möglichst unterhalb des bauakustischen Frequenzbereichs liegen.</p> <p>Bauakustischer Frequenzbereich: 100 Hz bis 3150 Hz</p>						
<p>Einflussgrößen Luftschalldämmung</p>	<p style="text-align: center;"><b>Einflussgrößen der Luftschalldämmung von einschaligen Bauteilen</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Einfluß der Masse und Biegesteifigkeit</td> </tr> <tr> <td>Einfluß von Undichtigkeiten</td> </tr> <tr> <td>Einfluß von Inhomogenitäten</td> </tr> <tr> <td>Einfluß der Materialdämpfung</td> </tr> <tr> <td>Einfluß der Dickenresonanz</td> </tr> <tr> <td>Dickenresonanzen bei Lochsteinen</td> </tr> </table>	Einfluß der Masse und Biegesteifigkeit	Einfluß von Undichtigkeiten	Einfluß von Inhomogenitäten	Einfluß der Materialdämpfung	Einfluß der Dickenresonanz	Dickenresonanzen bei Lochsteinen
Einfluß der Masse und Biegesteifigkeit							
Einfluß von Undichtigkeiten							
Einfluß von Inhomogenitäten							
Einfluß der Materialdämpfung							
Einfluß der Dickenresonanz							
Dickenresonanzen bei Lochsteinen							

Schalldämmung  
 zweischaliger Bauteile  
 01

### Schalldämmung zweischaliger Bauteile

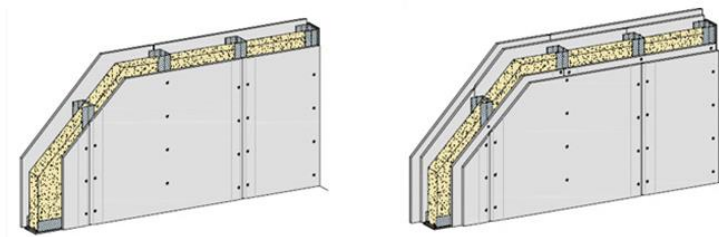


#### Wand aus zwei schweren, biegesteifen Schalen



Schalldämmung  
 zweischaliger Bauteile  
 02

### Schalldämmung zweischaliger Bauteile

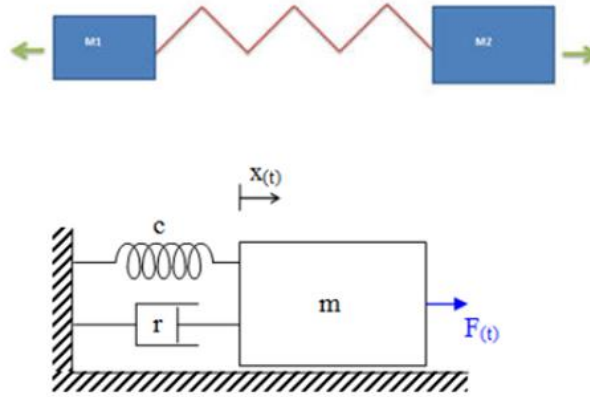


#### Wand aus zwei biegeweichen Schale

Schalldämmung  
 zweischaliger Bauteile  
 03

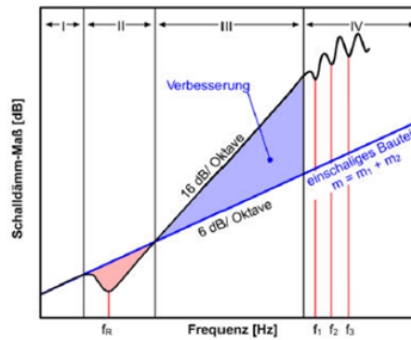
## Schalldämmung zweischaliger Bauteile

Physikalisches Prinzip: **Masse – Feder – Masse System**



Resonanzfrequenz

### Schwingverhalten zweischaliger Bauteile



**Bereich I:**  $f < f_R$

System verhält sich wie eine Massivwand mit der Masse  $m' = m'_1 + m'_2$   
 Schalldämmung einer vergleichbaren Massivwand  
 Schalen schwingen **gleichphasig**

$$R = 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{\pi \cdot f \cdot m'}{\rho_L \cdot c_L} \cos \vartheta \right)^2 \right] \quad \text{Berger'sche Massegesetz}$$

**Bereich II:  $f \approx f_R$**

System geht in Resonanz, Schalen schwingen **gegenphasig**  
 Resonanzeinbruch;  
 Tiefe des Einbruchs ca. 10 dB – 20 dB  
 Breite ca. 2.3 Oktaven

$$f_R = \frac{1000}{2 \cdot \pi} \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad \text{mit } s' = \frac{E_{Dyn}}{d}$$

Es wird davon ausgegangen, dass die Schalen miteinander verbunden sind.

Näherungsformeln für verschiedene Systeme

Schalenabstand	$d$ [m]
Flächenbez. Masse	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Dynamische Steifigkeit	$s'$ [MN/m <sup>3</sup> ]

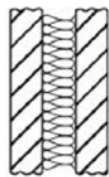
**Zwei biegeeweiche Schalen:**



Luftschicht mit Faserdämmstoff:  $f_R = \frac{85}{\sqrt{m' \cdot d}}$

Schalen miteinander verbunden:  $f_R = 225 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}}$

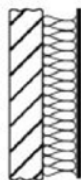
**Zwei biegesteife Schalen:**



Luftschicht mit Faserdämmstoff:  $f_R = \frac{340}{\sqrt{m' \cdot d}}$

Schalen miteinander verbunden:  $f_R = 900 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}}$

**Biegeeweiche Schale vor biegesteifer Wand:**



Luftschicht mit Faserdämmstoff:  $f_R = \frac{60}{\sqrt{m' \cdot d}}$

Schalen miteinander verbunden:  $f_R = 160 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}}$


**Bereich III:  $f > f_R$**

System schwingt entkoppelt voneinander. Amplitude des Gesamtsystems ist damit kleiner als Anregung  
 Schalldämmung nimmt stark zu, mit rd. 18dB/Oktave;

Die Systeme schwingen in der Praxis jedoch nicht frei sondern werden durch Randeinspannungen und inhomogenen Eigenschaften des Hohlraums gegenüber dem ungestörten Modell verschlechtert.  
 In der Praxis ist eine Verbesserung von rd. 12dB/Oktave zu erreichen.

$$\Delta R = 40 \cdot \log \frac{f}{f_R} \quad \text{für } f > f_R \text{ wenn Schalen verbunden sind}$$

$$\Delta R = R_2 + 20 \cdot \log \frac{4 \cdot \pi \cdot f \cdot \rho_L \cdot c_L}{s'} \quad \text{für biegeeweiche Vorsatzschale vor Massivwand mit } R_2, \text{ Schalenabstand } s'$$

<p>Lage des Gebäudes</p>	<p style="text-align: center;"><b>Schallschutz gegen Außenlärm</b></p>  <p>Verdichtung von Bebauung;        Nutzungsänderung ehem. gewerblicher Nutzungen zu Wohnzwecken;        Konversion ehem. militärischer Flächen        ...</p> <p>In Verbindung mit hohen energetischen Standards        Z.B. Stadt Münster - Energiesparhaus <math>H'_{T,Ref} -35\%</math></p>
	<p><b>Zusammenfassung</b></p> <p><b>Bemessung der Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angaben in Bebauungsplänen</li> <li>- Angaben in amtlichen Lärmkarten und Lärmaktionsplänen</li> </ul> <p>Angaben in Umgebungslärmkarten <math>L_{DEN}</math> oder <math>L_{Night}</math> sind nicht geeignet für die Bemessung (sie können eine Orientierung geben ob Außenlärm aus Straße, Schiene, Gewerbe vorhanden ist).</p> <p>Liegen keine Bemessungsgrundlagen (Beurteilungspegel) vor, sind diese rechnerisch zu bestimmen, DIN 18005 'Schallschutz im Städtebau'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Straßenverkehr: öffentlich zugängliche Quellen (Straßeninformationsbank NRW)          Kurzzeitzählung (HBS2015); Abschätzung <math>KfZ\_Spitzenstunde * 10 \approx Kfz/24h</math> (DTV)          Mit Nomogramm der DIN 18005 kann der Beurteilungspegel dann bestimmt werden</li> <li>- Schienenverkehr (Deutsche Bahn, Umweltzentrum)</li> <li>- Gewerbelärm, Sportanlagen, Freizeitlärm (Genehmigungsbehörden, Untere Immissionsschutzbehörden)</li> </ul> <p>Der <b>Beurteilungspegel</b> vor den Fassaden der schutzbedürftigen Räume ist Grundlage zur Bestimmung des <b>maßgeblichen Außenlärmpegels</b> (DIN 4109-2:2018-01);</p>

**7.1 Anforderungen an Außenbauteile unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten oder Nutzungen**

Die Anforderungen an die gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße  $R'_{w,ges}$  der Außenbauteile von schutzbedürftigen Räumen ergibt sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten nach Gleichung (6):

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart} \quad (6)$$

Dabei ist

$K_{Raumart} = 25$  dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$K_{Raumart} = 30$  dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches;

$K_{Raumart} = 35$  dB für Büroräume und Ähnliches;

$L_a$  der Maßgebliche Außenlärmpegel nach DIN 4109-2:2018-01, 4.5.5.

Mindestens einzuhalten sind:

$R'_{w,ges} = 35$  dB für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$R'_{w,ges} = 30$  dB für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches.

Für den rechnerischen Nachweis gilt damit:

$$R'_{w,ges} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \quad (32)$$

Dabei ist

$R'_{w,ges}$  das nach Gleichung (34) bzw. (35) ermittelte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Fassade, in dB;

erf.  $R'_{w,ges}$  das nach DIN 4109-1:2018-01, 7.1 geforderte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß, in dB;

$K_{AL}$  der nach Gleichung (33) ermittelte Korrekturwert für das erforderliche Schalldämm-Maß für den Außenlärm nach DIN 4109-1:2018-01, 7.2, in dB.

ANMERKUNG 1 Der Begriff „Fassade“ wird zur Vereinfachung für Wand- und Dachflächen gleichermaßen verwendet.

Für  $K_{AL}$  gilt

$$K_{AL} = 10 \lg \left( \frac{S_g}{0,8 \cdot S_G} \right) \quad (33)$$

**Bestimmung des resultierenden Schalldämm-Maßes  $R'_{w,res}$  [dB] als zusammengesetztes Bauteil:**

Die Schalldämmung zusammen gesetzter Bauteile lässt sich wie folgt berechnen:

$$R'_{w,R,res} = -10 \lg \left( \frac{1}{S_{ges}} \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1 R'_{w,R,i}} \right) \text{ [dB]}$$

$S_{ges}$ : Gesamtfläche [m<sup>2</sup>]

$S_i$ : Einzelfläche [m<sup>2</sup>]

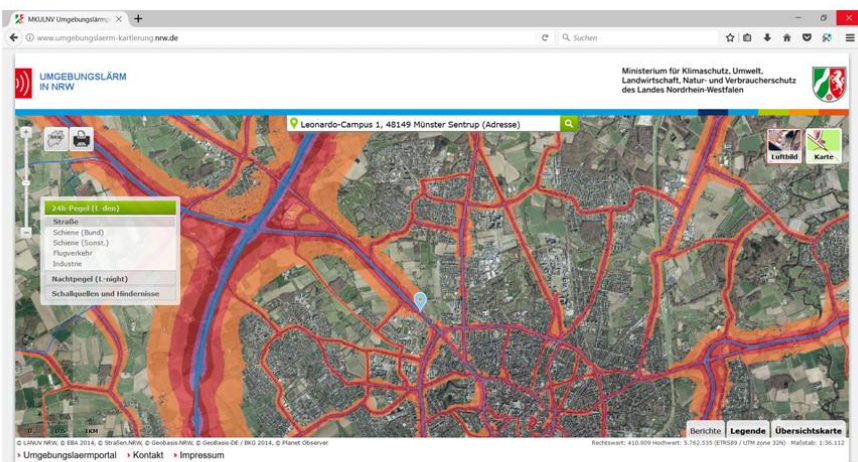
$R'_{w,R,i}$ : bewertetes Schalldämm-Maß der Einzelfläche [dB]

**Übungsaufgabe:**

Gesamt	10 m <sup>2</sup>	$R_{w,res} = ?$
Fenster	3,824 m <sup>2</sup>	$R_w = 35$ dB
Rolladenkasten	0,36 m <sup>2</sup>	$R_w = 25$ dB
ALD	0,062 m <sup>2</sup>	$R_w = 15$ dB
Außenwand	5,754 m <sup>2</sup>	$R_w = 50$ dB



	<p><b>Lösung:</b> <math>-10 \log \left( \left( \frac{1}{10m^2} \right) * (3,825m^2 * 10^{-3,5} + 0,36m^2 * 10^{-2,5} + 0,062m^2 * 10^{-1,5} + 5,754m^2 * 10^{-5,0}) \right) = 33,6 \text{ dB}</math></p> <p>Umrechnung Schallpegeldifferenz – Schalldämm-Maß z.B. für Außenluftdurchlass (ALD)</p> <p style="text-align: right;"><b>DIN 4109-2:2018-01</b></p> $R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \lg \left( \frac{S_s}{A_0} \right) \quad (38)$ <p>Dabei ist</p> <p><math>R_{e,i,w}</math> das bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche <math>S_s</math> bezogene Schalldämm-Maß des Elementes <math>i</math>, in dB;</p> <p><math>D_{n,e,i,w}</math> die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz eines Elementes <math>i</math>, in dB;</p> <p><math>S_s</math> die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche (d. h. die Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente), in <math>m^2</math>;</p> <p><math>A_0</math> die Bezugsabsorptionsfläche mit <math>A_0 = 10 \text{ m}^2</math>.</p>
Baurecht	<p>Technische Baubestimmung</p> <p>5 Eines Nachweises der Luftschalldämmung von Außenbauteilen (Tabelle 8 der Norm DIN 4109) vor Außenlärm bedarf es, wenn</p> <p>a) der Bebauungsplan festsetzt, dass Vorkehrungen zum Schutz vor Außenlärm am Gebäude zu treffen sind (§ 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB) oder</p> <p>b) der sich aus amtlichen Lärmkarten oder Lärmaktionsplänen nach § 47 c oder d des Bundesimmissionsschutzgesetzes ergebene "maßgebliche Außenlärmpegel" (Abschn. 5.5 der Norm DIN 4109) auch nach den vorgesehenen Maßnahmen zur Lärminderung (§ 47 d BImSchG) gleich oder höher ist als</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 56 dB (A) bei Bettenräumen in Krankenhäusern und Sanatorien,</li> <li>- 61 dB (A) bei Aufenthaltsräumen in Wohnungen, Übernachtungsräumen, Unterrichtsräumen und ähnlichen Räumen,</li> <li>- 66 dB (A) bei Büroräumen.</li> </ul>

<p>Außenlärm</p>	 <p>Anhand der Lärmkartierung kann entschieden werden, ob eine Außenlärmbelastung vorliegt.</p>																																																												
<p>erf. Schalldämmung</p>	<p>Ermittlung des erforderlichen, <b>resultierenden Schalldämm-Maßes <math>R'_{w,res}</math></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DIN 4109:1989-11 „Schallschutz im Hochbau“</li> <li>- DIN 4109-1:2016-07 „Schallschutz im Hochbau - Mindestanforderung“</li> <li>- E DIN 4109-1/A1:2017-01 „Schallschutz im Hochbau - Änderung“</li> <li>- VDI 2719:1987-08 „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“</li> <li>- DIN EN 12354-3:2000-09 „Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus deren Bauteileigenschaften“</li> </ul>																																																												
<p>Lärmpegelbereiche</p>	<p><b>DIN 4109:1989-11</b>      Maßgeblicher Außenlärmpegel = Beurteilungspegel + 3dB</p> <p>Tabelle 8. Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen</p> <table border="1" data-bbox="718 1444 1396 1892"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Spalte</th> <th rowspan="2">1</th> <th rowspan="2">2</th> <th colspan="3">Raumarten</th> </tr> <tr> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Zeile</th> <th rowspan="2">Lärmpegelbereich</th> <th rowspan="2">„Maßgeblicher Außenlärmpegel“ dB(A)</th> <th>Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien</th> <th>Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsäume und ähnliches</th> <th>Büroräume<sup>1)</sup> und ähnliches</th> </tr> <tr> <th colspan="3">erf. <math>R'_{w,res}</math> des Außenbauteils in dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>I</td> <td>bis 55</td> <td>35</td> <td>30</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>II</td> <td>56 bis 60</td> <td>35</td> <td>30</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>III</td> <td>61 bis 65</td> <td>40</td> <td>35</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>IV</td> <td>66 bis 70</td> <td>45</td> <td>40</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>V</td> <td>71 bis 75</td> <td>50</td> <td>45</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>VI</td> <td>76 bis 80</td> <td>?)</td> <td>50</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>VII</td> <td>&gt;80</td> <td>?)</td> <td>?)</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>1)</sup> An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.  <sup>2)</sup> Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.</p>	Spalte	1	2	Raumarten			3	4	5	Zeile	Lärmpegelbereich	„Maßgeblicher Außenlärmpegel“ dB(A)	Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsäume und ähnliches	Büroräume <sup>1)</sup> und ähnliches	erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils in dB			1	I	bis 55	35	30	-	2	II	56 bis 60	35	30	30	3	III	61 bis 65	40	35	30	4	IV	66 bis 70	45	40	35	5	V	71 bis 75	50	45	40	6	VI	76 bis 80	?)	50	45	7	VII	>80	?)	?)	50
Spalte	1				2	Raumarten																																																							
		3	4	5																																																									
Zeile	Lärmpegelbereich	„Maßgeblicher Außenlärmpegel“ dB(A)	Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsäume und ähnliches	Büroräume <sup>1)</sup> und ähnliches																																																								
			erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils in dB																																																										
1	I	bis 55	35	30	-																																																								
2	II	56 bis 60	35	30	30																																																								
3	III	61 bis 65	40	35	30																																																								
4	IV	66 bis 70	45	40	35																																																								
5	V	71 bis 75	50	45	40																																																								
6	VI	76 bis 80	?)	50	45																																																								
7	VII	>80	?)	?)	50																																																								

Maßgebliche  
 Immissionsorte

**DIN 4109:1989-11**

Tabelle 9. Korrekturwerte für das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß nach Tabelle 8 in Abhängigkeit vom Verhältnis  $S_{(W+F)}/S_G$

Spalte/Zeile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$S_{(W+F)}/S_G$	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
2	Korrektur	+5	+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

$S_{(W+F)}$ : Gesamtfläche des Außenbauteils eines Aufenthaltsraumes in m<sup>2</sup>  
 $S_G$ : Grundfläche eines Aufenthaltsraumes in m<sup>2</sup>.

An Außenlärm beaufschlagten Fassaden verursachen große Fensterflächen und kleine Raumgrundrisse vergleichsweise hohe Anforderungen an Fenster/Außenbauteile.

Raumbreite	Raumhöhe	Raumtiefe	$S_{(W+F)}/S_G$	Korrektur
4 m	2,5 m	4 m	0,625	-1 dB
4 m	2,5 m	3 m	0,83	0 dB
4 m	3,0 m	3 m	1	+1 dB

res. Schalldämm-Maß

**VDI 2719:1987-08**

Für die Berechnung des erforderlichen, resultierenden Schalldämm-Maßes der Außenbauteile nach VDI 2719:1987-08 gilt folgende Berechnungsvorschrift:

$$R'_{w,res} = L_a - L_i + 10 \lg S_g/A + K + W$$

- $L_a$  : maßgeblicher Außenschallpegel
- $L_i$  : einzuhaltender Innenschallpegel
- $S_g$  : Gesamtaußenfläche eines Raumes
- $A$  : äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raumes
- $K$  : Korrektursummand (innerstädtische Straße = 6 dB(A))
- $W$  : Winkelkorrektur  $W = 10 \log (\cos \varphi) + 1$   
 Bei Einfallswinkel  $\varphi \leq 50^\circ$  kann  $W = 0$ dB gesetzt werden

Lärmpegelbereiche

Auszug aus der DIN 4109-1:2018-01

Tabelle 7 — Zuordnung zwischen Lärmpegelbereichen und maßgeblichem Außenlärmpegel

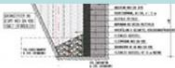
Spalte	1	2
Zeile	Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel $L_a$ dB
1	I	55
2	II	60
3	III	65
4	IV	70
5	V	75
6	VI	80
7	VII	> 80 <sup>a</sup>

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

Fassadenelemente



- Fassadenelemente:
- Opake Außenbauteile (Außenwände, Brüstungen, etc. ...)
  - Fenster
  - Außentüren/Fenstertüren
  - Rollladen
  - Außenwanddurchlässe



**Zusammengesetzte Bauteile**

Die Schalldämmung zusammen gesetzter Bauteile lässt sich wie folgt berechnen:

$$R'_{w,R,ges} = -10 \log \left( \frac{1}{S_{ges}} \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R'_{w,R,i}} \right) \text{ [dB]}$$

$S_{ges}$ : Gesamtfläche [m<sup>2</sup>]

$S_i$ : Einzelfläche [m<sup>2</sup>]

$R'_{w,R,i}$ : bewertetes Schalldämm-Maß der Einzelfläche [dB]

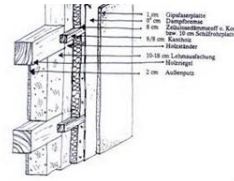
Bauphysikalische  
 Einflussgrößen auf  
 Fenster

Fenstergröße	Abmessungen
Einbau und Art	Lage in der Laibung; offenbar, festverglast Schiebeelement
Winterlicher Wärmeschutz	Wärmedurchgangskoeffizient Energetische Bilanzberechnung EnEV
Sommerlicher Wärmeschutz	Sommerlicher Wärmeschutz, Art der erforderlichen Maßnahme (außen, innen, zwischen den Scheiben, Sonnenschutzglas)
Schallschutz	Von außen nach innen oder von innen nach außen
Belüftungselement/Belüftung	In Rahmen oder Rollladenkasten Nachtlüftung möglich?

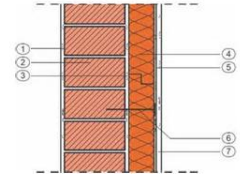
Grundsätzliche  
Bauweisen

**Erreichbare Schalldämm-Maße:**

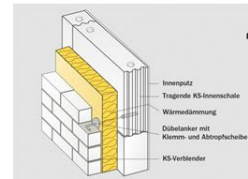
1. Leichte Außenwand in Holzbauweise  
 **$R'_w \approx 50$  dB**



2. Einschalige Ziegelwand  
 **$R'_w \approx 50$  dB**



3. Massivwand mit WDVS  
 **$R'_w \geq 55$  dB**



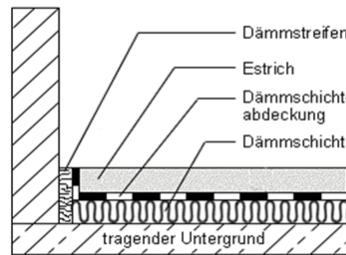
4. Massivwand mit Vormauerschale  
 **$R'_w \geq 60$  dB**

Zusammenfassung, Block 02, Bauakustik, Trittschalldämmung/Körperschalldämmung

Schwimmende Estriche  
 01

**Schwimmender Estrich** ⇒ **Estrich und Heizestrich auf Dämmschicht**

Def.: **Estrich** ist ein auf einem festen Untergrund oder einer zwischenliegenden Trenn- oder Dämmschicht hergestelltes Bauteil, welches mittelbar nutzfähig ist, oder mit einem Belag ggf. ‚Frisch-in-Frisch‘ versehen werden kann.“

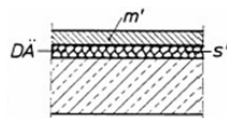


**Funktionen:**

- Wärmedämmung, Feuchteschutz, Abdichtung
- Luft- und Trittschalldämmung
- Unterlage für Fußböden
- Heizfläche
- Installationsraum

**DIN 18560-2:2004-04:**  
 Estrich im Bauwesen – Teil 2: Estrich und Heizestrich auf Dämmschicht (schwimmender Estrich)

Schwimmende Estriche  
 02

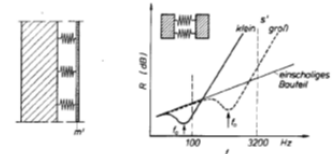


$s'$ : dynamische Steifigkeit der Dämmschicht (Feder)  
 $m'$ : flächenbezogene Masse der Estrichscheibe

**Resonanzfrequenz  $f_R$ :**  $160 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}}$

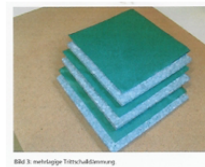
**Voraussetzung:**  $m'_{\text{Massivdecke}} \gg m'_{\text{Estrich}}$

**Dämpfung:**  $\Delta L = 40 \log f/f_R$



**Steifigkeit der Dämmschicht:**

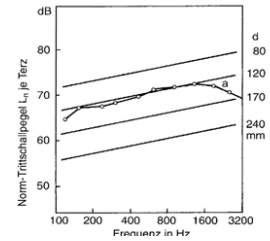
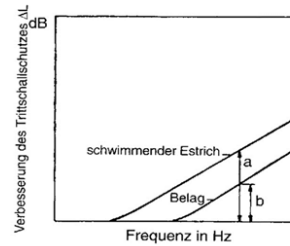
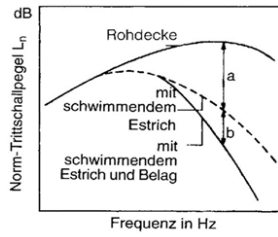
- Steifigkeit des tragendes Gerüsts
- Steifigkeit der eingeschlossenen Luft
- Kontaktsteifigkeit



IBP: 3 Lagen Polystyrol mit Zwischenlagen  $s'=10\text{MN/m}^3$

Schwimmende Estriche  
 Resonanzfrequenz

**Trittschallverbesserung:**



Die Trittschallverbesserung von schwimmenden Estrichen findet oberhalb der Resonanzfrequenz statt. Die Trittschalldämmung bei tieferen Frequenzen wird von der flächenbezogenen Masse der Decke bestimmt.

**Resonanzfrequenz zu tiefen Frequenzen verschieben!**

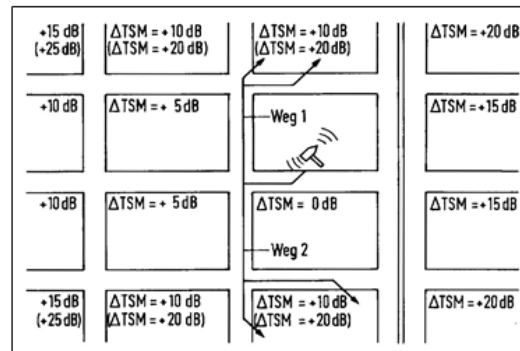
**Massivdecken**

$$L'_{n,w,R} = L_{n,n,eq,R} - \Delta L_{w,R} - \Delta K_T$$

$L'_{n,w,eq,R}$  äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel

$\Delta L_{w,R}$  Trittschallverbesserungsmaß der Deckenauflage

Das Vorhaltemaß beträgt 2dB



Korrekturwert für unterschiedliche Raumanordnungen

### Dimensionierungsschema: Wohnung

Massivdecke = 180mm  $\Rightarrow m' = 414 \text{ kg/m}^2$ ;  $L'_{n,w,eq,R} = 72 \text{ dB}$  ( $77 \text{ dB} - 35 \log(m'/300)$ )

Anforderung an den Trittschallschutz =  $L'_{n,w,R} = 46 \text{ dB}$

Erforderliche Trittschallverbesserung =  $\Delta L_{w,R} = 26 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 28 \text{ dB}$

Lastanforderung nach DIN 1055-3: **1,5 kN/m<sup>2</sup>**

	Bezeichnung		Schichtstärke/ [mm]
1	Oberboden –Fliesenbelag-		10
2	Estrich nach DIN 18560-2 <sup>1)</sup>	CT –C 25-F4	45-5=40
3	Zuschlag für Heizestrich (innerhalb o. unterhalb)		-
4	Zuschlag Gefälleausbildung auf dem Untergrund		-
5	Trennlage	PE-Folie	-
6	Trittschalldämmung, dyn. Steifigkeit $\leq 20 \text{ MN/m}^3$	EPS 045 DES sm	20
7	Wärmedämmung; $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	EPS 035 DEO	60
8	Installationsraum/Ausgleichsschicht		-
9	Bautoleranz nach DIN 18202		$\leq 20$
10	Abdichtung		-
11	<b>Gesamtstärke</b>		<b>150</b>

<sup>1)</sup> Bei Dämmschichten  $\leq 40 \text{ mm}$  kann bei Calciumsulfat-, Kunstharz-, Magnesia- und Zementestrichen die Estrichennicke um 5 mm reduziert werden.

### Dimensionierungsschema: Büro

Massivdecke = 250mm  $\Rightarrow m' = 575 \text{ kg/m}^2$ ;  $L'_{n,w,eq,R} = 67 \text{ dB}$  ( $77 \text{ dB} - 35 \log(m'/300)$ )

Anforderung an den Trittschallschutz =  $L'_{n,w,R} = 46 \text{ dB}$

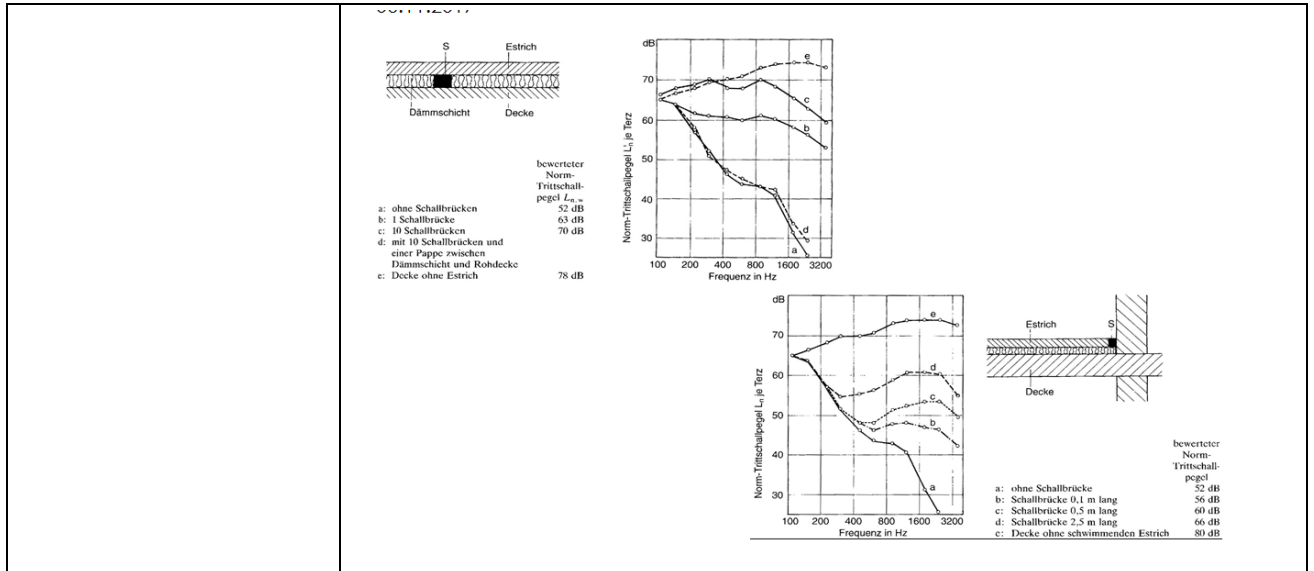
Erforderliche Trittschallverbesserung =  $\Delta L_{w,R} = 21 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 23 \text{ dB}$

Lastanforderung nach DIN 1055-3: **5,0 kN/m<sup>2</sup> (Einzellast  $\leq 4,0 \text{ kN/m}^2$ )**

	Bezeichnung		Schichtstärke/ [mm]
1	Oberboden –Fliesenbelag-		10
2	Estrich nach DIN 18560-2 <sup>1)</sup>	CT –C 35-F5	65-5=60
3	Zuschlag für Heizestrich (innerhalb o. unterhalb)		-
4	Zuschlag Gefälleausbildung auf dem Untergrund		-
5	Trennlage	PE-Folie	-
6	Trittschalldämmung, dyn. Steifigkeit $\leq 30 \text{ MN/m}^3$	EPS 040 DES sg	20
7	Wärmedämmung; $\lambda = \text{W/mK}$	EPS DEO	
8	Installationsraum/Ausgleichsschicht		50
9	Bautoleranz nach DIN 18202		$\leq 20$
10	Abdichtung		-
11	<b>Gesamtstärke</b>		<b>160</b>

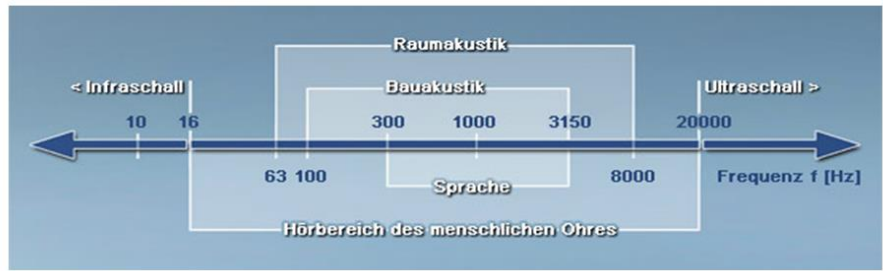
<sup>1)</sup> Bei Dämmschichten  $\leq 40 \text{ mm}$  kann bei Calciumsulfat-, Kunstharz-, Magnesia- und Zementestrichen die Estrichennicke um 5 mm reduziert werden.





Zusammenfassung Blöcke 3/4, - Raumakustik/Raumschalldämpfung

Frequenzen

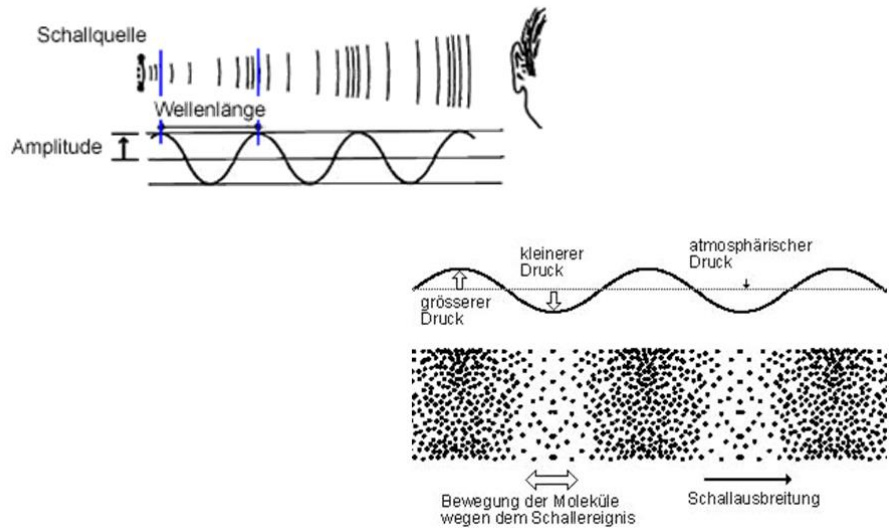


f/Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
$\lambda$ /m	2,7m	1,3m	0,67m	0,33m	0,17m	0,08m

$f = c/\lambda$  [Hz]

c: Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen [m/s]

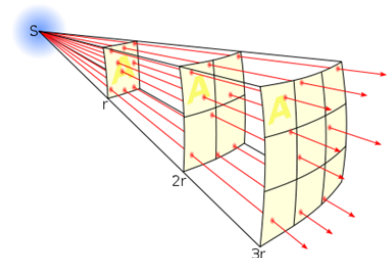
$\lambda$ : Wellenlänge [m]

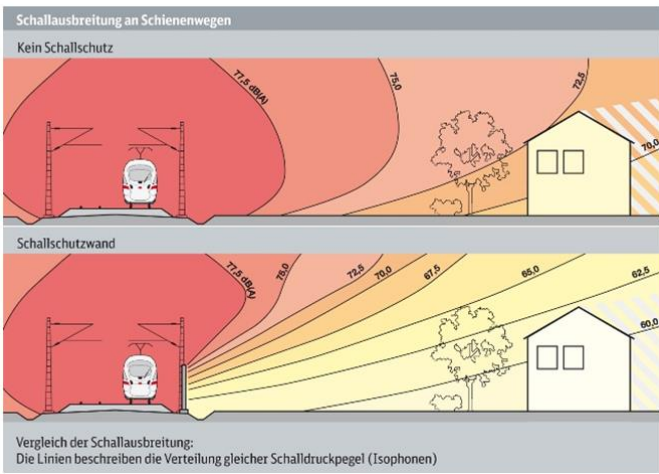
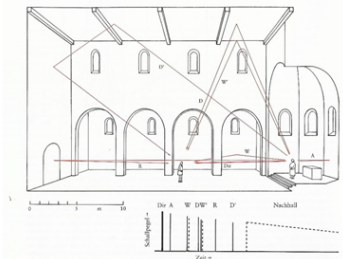


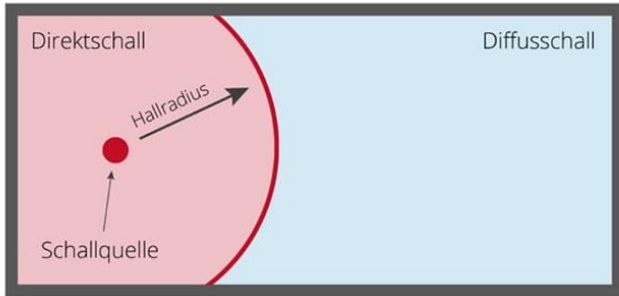
**Schallausbreitung im Freien:**

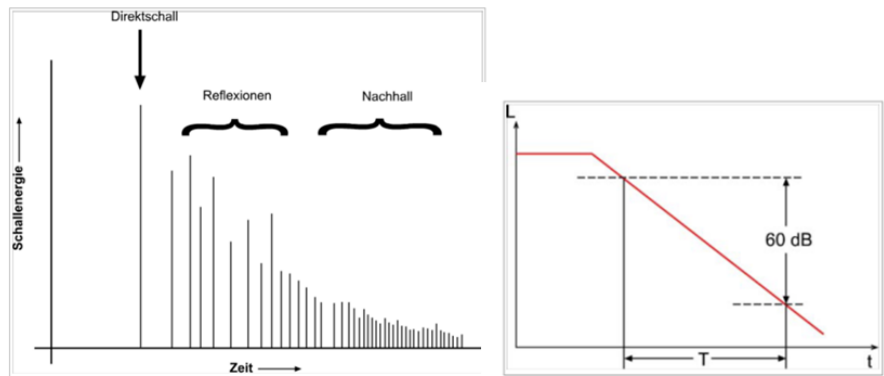
Das Schallfeld breitet sich in Schallgeschwindigkeit (ca. 330 m/s) von der Schallquelle ungehindert aus.

Mit der Entfernung verringert sich die Lautstärke (Abstandsgesetz)



	<p><b>Schallausbreitung im Freien:</b></p>  <p>An Hindernissen entstehen Abschirmungen und Beugungen</p> <p>Vergleich der Schallausbreitung:      Die Linien beschreiben die Verteilung gleicher Schalldruckpegel (Isophonen)</p>
	<p><b>Schallausbreitung in Räumen:</b></p> <p>Das Schallfeld in Räumen unterscheidet sich von demjenigen im Freien dadurch, dass sich dem <u>Direktschallfeld</u> ein <u>diffuses Nachhallfeld</u> überlagert.</p> <p>Die Eigenschaften des Nachhallfeldes sind abhängig vom <u>Raumvolumen</u> und den <u>Raumeigenschaften</u>.</p> 
	<p><b>Direktschallfeld:</b></p> <p>Im Direktschallfeld dominiert die freie Schallausbreitung. D.h. der Schalldruckpegel nimmt nach dem Abstandsgesetz ab.</p> <p><b>Nachhallfeld:</b></p> <p>Im Nachhallfeld dominieren die Schallreflexionen an den Umschließungsbauteilen. Entsprechend ihrer schallabsorbierenden Eigenschaften wird Schallenergie mehr oder weniger absorbiert.</p>

	 <p>Die Grenzlinie zwischen Direktschallfeld und Nachhallfeld wird <b>Hallradius</b> bezeichnet. Dort haben das Direktschallfeld und das Nachhallfeld den gleichen Schalldruckpegel</p> <p><b>Hallradius:</b>          Der Hallradius ist eine wichtige Kenngröße zur Beurteilung der Wirksamkeit von schallabsorbierenden Maßnahmen.</p> <p><b>Praktische Bedeutung:</b>          Lärminderungsmaßnahmen zur Reduzierung der Schalldruckpegel im Raum wirken im Direktschallfeld nicht.</p> <p>Im Direktschallfeld ist die Sprachverständlichkeit gut.</p>
Hallradius	<p><b>Hallradius</b></p> <p>Eine Schallquelle strahlt Schalleistung ab und der Schalldruckpegel sinkt umgekehrt proportional mit dem Abstand. Durch die Reflexionen an den Umschließungsbauanteilen baut sich ein Schallfeld auf und in einem gewissen Abstand ist der Schalldruckpegel der Pegelabnahme gleich groß dem Schallpegel im diffusen Schallfeld.</p> <p>Der Abstand von der Schallquelle wird Hallradius genannt: <math>r_H = \sqrt{\frac{A}{16\pi}} \approx \frac{\sqrt{A}}{7}</math> (44)</p> <p>Kleiner Raum: 100m<sup>3</sup>; T= 0,5s ⇒ r<sub>H</sub> = 0,81m          Konzertsaal: 20.000m<sup>3</sup>, T=2s ⇒ r<sub>H</sub> = 5,7m</p>
Raumakustik/Nutzung	<p><b>Anforderungen an die Raumakustik nach der Nutzung:</b></p> <p>Sprachnutzungen (Sprechtheater, Hörsäle, Seminarräume, ...)</p> <p>Musiknutzungen (Konzertsäle, Opernsäle, ...)</p> <p>Sportnutzungen</p> <p>Arbeitsräume (Großraumbüros, Einzel- und Mehrpersonenbüros, Werkhallen)</p> <p>Verkehrsflächen</p> <p><b>Hörsamkeit</b></p>



Raumakustische Kriterien (1): Nachhall, Reflexionen  
 Raumakustische Kriterien (2): Energiekriterien

**Primärstruktur**

Beschreibt die Raumform und das zur Verfügung stehende Raumvolumen

**Sekundärstruktur**

Beschreibt die Innenausstattung und die Gestaltung der Oberflächen; In der raumakustischen Planung hat man i. d. Regel nur Einfluss auf die Sekundärstruktur eines Raumes;

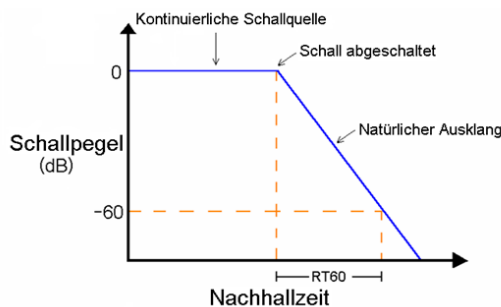
**Volumenkennzahl**

Nutzung	Volumenkennzahl m <sup>3</sup> /Platz	Max. Volumen m <sup>3</sup>	
Versammlungsraum Seminarraum	3-5	1000	Sprache
Sprechtheater, Hörsaal, Plenarsaal	4-6	5000	
Mehrzwecksäle für Sprache und Musik	4-7	8000	Sprache und Musik
Musiktheater	5-8	15000	
Kammermusiksäle	6-10	10000	Musik
Konzertsäle	8-12	25000	
Räume für Orgelmusik	10-14	30000	

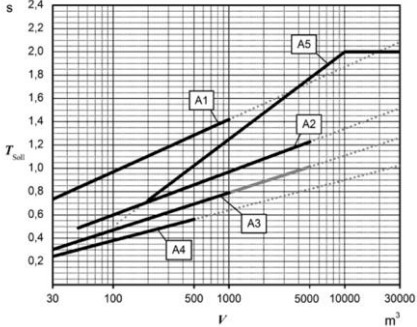
Nachhallzeiten 01

**Nachhallzeit:**

Diejenige Zeit, nach dem Abschalten der Schallquelle, in der der Schalldruckpegel um 60dB abgefallen ist.



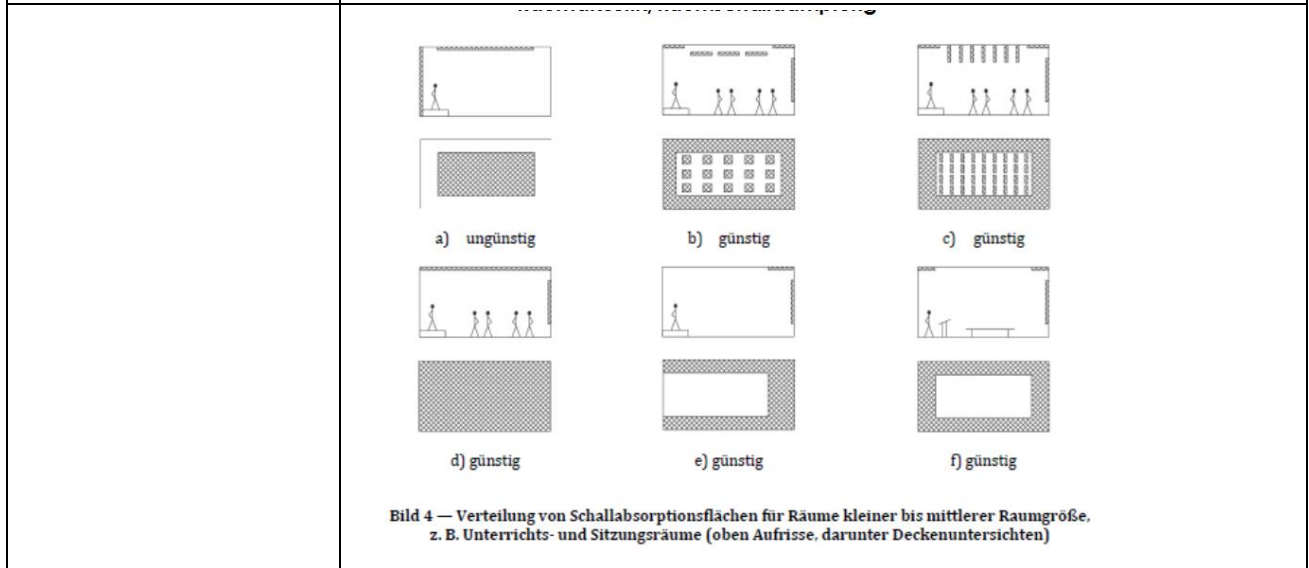
Je nach Absorptionseigenschaften und Größe des Raumes kann die Nachhallzeit unterschiedlich lang sein

	<p>Man kann sich die Verhältnisse in einem Raum so vorstellen, dass sich durch einfallende Schallenergie (Modenbildung) ein stationäres Schallfeld aufbaut. Nach dem Abschalten einer Schallquelle „entlädt“ sich das Schallfeld indem seine mittlere Schallenergie abnimmt. Das Schallfeld wird durch Absorption an den Umschließungsbauteilen und der Raumluft „aufgebraucht“. Die Abklingkurve kann mit einer Exponentialfunktion beschrieben werden: <math>E(t) = E_0 \cdot e^{-t/\tau}</math> (40)</p> <p><math>\tau</math>: Energieabklingzeit</p> <p>Wird nun als Maßstab diejenige Zeit definiert, nach der die mittlere Schallfeldenergie auf den millionsten Teil, nach ihrem Anfangswert abgeklungen ist:  <math>E(t) = E_0 \cdot e^{-t/\tau} = 10^{-6} \cdot E_0</math> und <math>t = T</math> folgt  <math>e^{-T/\tau} = 10^{-6}</math> und nach T aufgelöst: <math>T = \tau \ln 10^6 \approx 13,8 \tau</math></p> <p>mit <math>\tau = 4V/c \sum \alpha_k S_k</math> folgt <math>T = 0,163 \cdot \frac{V}{\sum \alpha_k S_k}</math> „Sabine Nachhallzeit“ (41)</p> <p><b>A = <math>\alpha_k S_k</math> = äquivalente Schallabsorptionsfläche</b></p>
<p>Nachhallzeiten 02</p>	<p><a href="#">DIN 18041:2016-03 ‚Hörsamkeit in Räumen‘</a></p> <p><b>Räume der Gruppe A:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A1: Musiknutzung</li> <li>A2: Sprache/Vortrag</li> <li>A3: Sprache/Vortrag (inklusive) Unterricht/Kommunikation</li> <li>A4: Unterricht/Kommunikation (inklusive)</li> <li>A5: Sport</li> </ul> 
<p>Raumschalldämpfung</p>	<p><a href="#">DIN 18041:2016-03 ‚Hörsamkeit in Räumen‘</a></p> <p><b>Räume der Gruppe B:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>B1: Räume ohne Aufenthaltsqualität</li> <li>B2: Räume zum kurzfristigen Verweilen</li> <li>B3: Räume zum längerfristigen Verweilen</li> <li>B4: Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort</li> <li>B5: Räume mit besonderem Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort</li> </ul>

**Tabelle 3 — Orientierungswerte für das Verhältnis von äquivalenter Schallabsorptionsfläche  $A$  zum Raumvolumen  $V$**

Nutzungsart	bei Raumhöhen $h \leq 2,5$ m	bei Raumhöhen $h > 2,5$ m
	$m^2/m^3$	$m^2/m^3$
B1	ohne Anforderung	ohne Anforderung
B2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \lg(h/1 \text{ m})]^{-1}$ (7)
B3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \lg(h/1 \text{ m})]^{-1}$ (8)
B4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg(h/1 \text{ m})]^{-1}$ (9)
B5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \lg(h/1 \text{ m})]^{-1}$ (10)

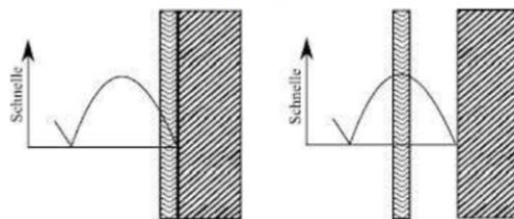
Dabei ist  
 $A$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raums in Quadratmeter  
 $V$  das Raumvolumen in Kubikmeter  
 $h$  die lichte Raumhöhe in Meter



Absorber -01

**Poröser Absorber vor einer schallharten Wand**

In einem Abstand von  $\lambda/4$  vor einer schallhart reflektierenden Wand befindet sich ein Maximum der Schallschnelle

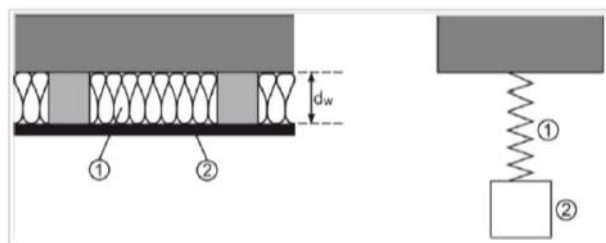
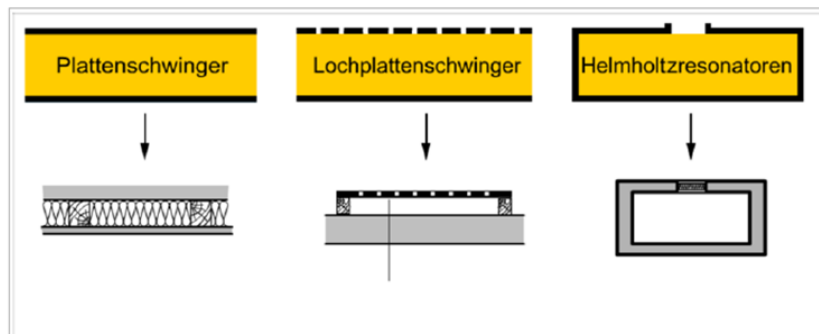


In einem begrenzten Frequenzbereich etwa einer Oktavbandbreite steigt die Schallabsorption an, über den Wert des porösen Absorbers. **Damit kann der Anwendungsbereich zu tiefen Frequenzen erweitert werden.**

$$d_L = \frac{\lambda}{4} = \frac{8500}{f} \text{ [cm]} \Rightarrow \text{oberhalb nahezu linearer Verlauf der Schallabsorption}$$

Absorber -02

## Resonanzabsorber



**Bild 7.20:** Schematische Darstellung von Plattenschwingern.

links  
rechts  
1) Feder  
2) Masse

Konstruktion  
mechanisches Modell  
Zwischenschicht  
Platte oder Lochplatte

Das Maximum der Schallabsorption tritt bei der **Resonanzfrequenz**  $f_R$  auf:

Absorber/Anwendung

Absorberarten:

	Absorptionsprinzip	Anwendungsgebiet
Poröse Absorber	Dissipation:	Hohe Frequenzen (Höhenabsorber)
Poröser Absorber in Abstand $d_L$ vor einer Wand	Dissipation: Maximum bei $d_L = \lambda/4$ ; $d_L = 8500/f$ Minimum bei $d_L = \lambda/2$	Hohe und mittlere Frequenzen
Resonanzabsorber, z.B. Platte der Flächenmasse $m'$ in einem Abstand $d_L$ vor einer Wand	Biegeschwingungen der Platte im Resonanzfall $f_0 \approx 510 \frac{1}{\sqrt{m' d_L}}$ ( $d_L$ in cm)	Tiefe und mittlere Frequenzen (Tiefenabsorber) Verbundplattenresonator
Lochplattenabsorber	Resonanzabsorber	Mittlere und höhere Frequenzen/ kann breitbandig wirken Breitbandkompaktabsorber
Helmholtzresonator	Resonanzabsorber $f_0 \approx 170 \sqrt{\frac{S}{V(r+2\Delta r)}} = K \text{ Hz}$	Tiefe Frequenzen (selektiv)

**Nachhallzeitformel nach W. C. Sabine:**

$$T = 0,163 \times V/A$$

T: Nachhallzeit in s

V: Raumvolumen in  $m^3$

A: äquivalente

$$A = \alpha \times S$$

Schallabsorptionsfläche in  $m^2$



$\alpha$ : Schallabsorptionsgrad [-]  
 S: Absorberfläche in  $m^2$

### Nachhallzeiten nach DIN 18041:2016-03

A2 „Sprache/Vortrag“:

$$T_{\text{Soll,A2}} = \left( 0,37 \lg \frac{V}{m^3} - 0,14 \right) s \quad 50 m^3 \leq V < 5 000 m^3$$

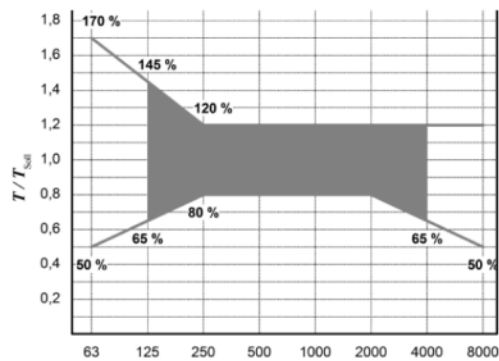
A3 „Unterricht/Kommunikation“ (bis 1 000  $m^3$ ) sowie „Sprache/Vortrag inklusiv“ (bis 5 000  $m^3$ ):

$$T_{\text{Soll,A3}} = \left( 0,32 \lg \frac{V}{m^3} - 0,17 \right) s \quad 30 m^3 \leq V < 5 000 m^3$$

A4 „Unterricht/Kommunikation inklusiv“:

$$T_{\text{Soll,A4}} = \left( 0,26 \lg \frac{V}{m^3} - 0,14 \right) s \quad 30 m^3 \leq V < 500 m^3$$

### Toleranzgrenzen nach DIN 18041:2016-03



**Zusammenfassung, Block 05, Sommerlicher Wärmeschutz, Wärmebrücken**

Allgemein

**Warum hat sich der sommerliche Wärmeschutz zum festen Planungsbestandteil entwickelt?**

**Behaglichkeit?** Gebäude werden für Menschen gebaut!

**Wann meinen Sie wurden erste Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz beschrieben?**

4.3. Wärmespeicherung

4.3.1 Wärmespeichernde Wände und Decken sind erforderlich, um im Winter eine zu schnelle Auskühlung der Räume bei Nachlassen der Heizung und im Sommer eine zu rasche Erwärmung zu verhindern. Der Erfolg ist um so größer das Wärmespeichervermögen der Bauteile und je zweckmäßiger ihre Lage zur Außenluft ist.

Zitat, DIN 4108 nach §3 Abs. 3 Bauordnung NRW v. 25.Juni 1962 (bauaufsichtlich eingeführt)

**Wie definieren Sie Behaglichkeit?**

Thermische Einflussgrößen

- Raumlufttemperatur
- Temperatur der Umschließungsflächen
- Luftfeuchtigkeit
- Luftbewegung

Physikalische Einflussgrößen

- Geräuschbildung
- Raumelektrizität

Optische Einflussgrößen

- Beleuchtung
- Farben

Chemische Einflussgrößen

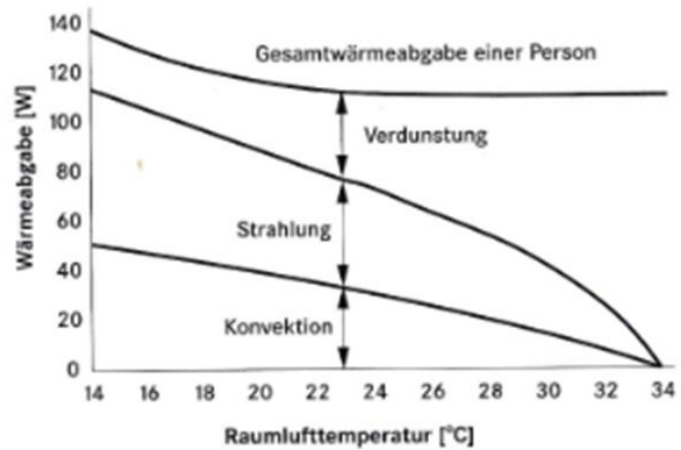
- Geruchsstoffe
- Kohlendioxid und andere Gase
- Staub

Sonstige Einflussgrößen

- Art der Tätigkeit
- Kleidung
- Geschlecht/ Alter Gesundheit

**Temperaturkriterium** 80-100 W (Büro/Wohnen)

**Wärmeabgabe des Menschen**



Quelle: Natürliche Klimatisierung, Fred Rauf and Bernhard Frohn

DIN 4108-2:2013-02, Abs. 8 Mindestanforderung an den sommerlichen Wärmeschutz

- Der Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz ist nach 8.3 mindestens für den Raum zu führen, der im Rahmen des Anwendungsbereichs zu den höchsten Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes führt.
- Alternativ kann das Verfahren nach 8.4 durch thermische Gebäudesimulation und den Nachweis der Einhaltung des zulässigen Anforderungswertes nach Tabelle 9 zur Anwendung kommen.
- Die Anforderungen gelten nicht für Räume hinter Schaufenstern und ähnlichen Einrichtungen.

**Tabelle 6 — Zulässige Werte des Grundflächen bezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb dessen auf einen sommerlichen Wärmeschutznachweis verzichtet werden kann**

Spalte	1	2	3
Zeile	Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster <sup>a</sup>	Grundflächen bezogener Fensterflächenanteil <sup>b</sup> $f_{WG}$ %
1	über 60° bis 90°	Nordwest- über Süd bis Nordost	10
2		Alle anderen Nordorientierungen	15
3	von 0° bis 60°	Alle Orientierungen	7

<sup>a</sup> Sind beim betrachteten Raum mehrere Orientierungen mit Fenstern vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für  $f_{WG}$  bestimmend.

<sup>b</sup> Der Fensterflächenanteil  $f_{WG}$  ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche (siehe Bild 2) zu der Grundfläche des betrachteten Raumes oder der Raumgruppe. Sind beim betrachteten Raum bzw. der Raumgruppe mehrere Fassaden oder z. B. Erker vorhanden, ist  $f_{WG}$  aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.

b) Bei Wohngebäuden sowie bei Gebäudeteilen zur Wohnnutzung, bei denen der kritische Raum einen grundflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 35% nicht überschreitet, und deren Fenster in Ost-, Süd- oder Westorientierung (inkl. derer eines Glasvorbaus) mit außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen mit einem Abminderungsfaktor  $F_C \leq 0,30$  bei Glas mit  $g > 0,40$  bzw.  $F_C \leq 0,35$  bei Glas mit  $g \leq 0,40$  (siehe Tabelle 7) ausgestattet sind, kann auf einen Nachweis verzichtet werden. Ein Glasvorbau wird nicht als kritischer Raum herangezogen.

# 1. Sonneneintragskennwerte Verfahren

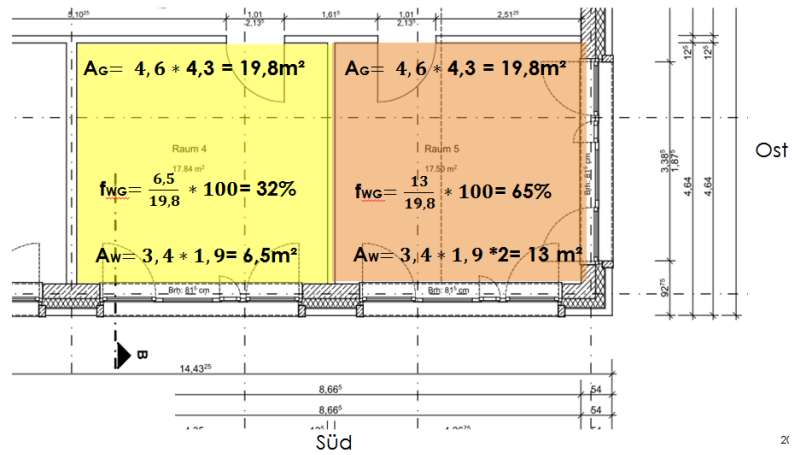
Vereinfachtes Verfahren mit Standardansätzen

1. Schritt: Bestimmung Sonneneintragskennwert, vorhanden
2. Schritt: Bestimmung Sonneneintragskennwert, zulässig

Der Nachweis ist erbracht wenn

$$S_{vorh.} \leq S_{zul.}$$

## Nachweis nach DIN 4108- 2



Der vorhandene Sonneneintragskennwert  $S_{vorh}$  ist definiert:

$$S_{vorh} = \frac{\sum_j (A_{W,j} \cdot g_{tot,j})}{A_G}$$

mit:

- $A_W$ : Fensterfläche in  $\text{m}^2$
- $g_{tot}$ : die Gesamtenergiedurchlassgrade der Verglasung einschließlich Sonnenschutz
- $A_G$ : Nettogrundfläche des Raumes in  $\text{m}^2$

**Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung einschließlich Sonnenschutz ?**

*Welche FC Werte werden mit Verschattungen erreicht?*

Zeile	Sonnenschutzvorrichtung <sup>a</sup>	F <sub>C</sub>		
		g ≤ 0,40 (Sonnenschutzglas) zweifach	g > 0,40	
			dreifach	zweifach
1	ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00
2	Innenliegend oder zwischen den Scheiben <sup>b</sup>			
2.1	weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz <sup>c</sup>	0,65	0,70	0,65
2.2	helle Farben oder geringe Transparenz <sup>d</sup>	0,75	0,80	0,75
2.3	dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
3	<b>Außenliegend</b>			
3.1	Fensterläden, Rollläden			
3.1.1	Fensterläden, Rollläden, ¼ geschlossen	0,35	0,30	0,30
3.1.2	Fensterläden, Rollläden, geschlossen <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>	0,10 <sup>e</sup>	0,10 <sup>e</sup>
3.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen			
3.2.1	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
3.2.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung <sup>e</sup>	0,20 <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>
3.3	Markise, parallel zur Verglasung <sup>g</sup>	0,30	0,25	0,25
3.4	Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen <sup>f</sup>	0,55	0,50	0,50

Quelle: DIN 4108-2

**Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung einschließlich Sonnenschutz ?**

$$g_{tot} = g \times F_C$$

mit:

g: Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung nach EN 410

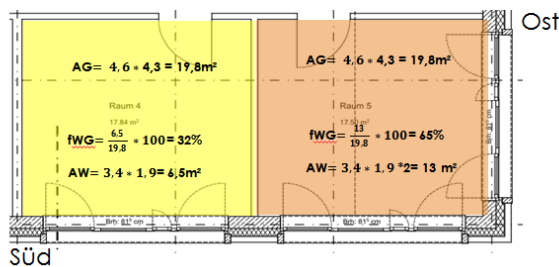
F<sub>C</sub>: Abminderungsfaktor der Sonnenschutzvorrichtung

Zweifach-Wärmeschutzglas mit Rollläden

$$g_{tot} = 0,63 \times 0,30 = 0,189$$

**S2: Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil**

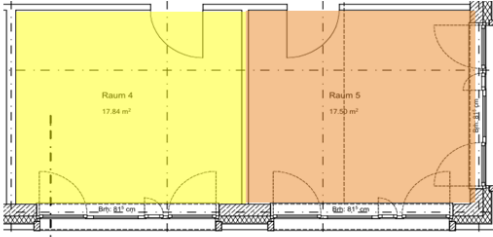
Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f <sub>WG</sub> <sup>e</sup>			
S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> = a - (b · f <sub>WG</sub> )	a	0,060
		b	0,231



$$S_2 = 0,060 - (0,231 \cdot 0,32) = -0,0139 \quad S_2 = 0,060 - (0,231 \cdot 0,65) = -0,0902$$



je größer der Fensterflächenanteil desto schärfer die Anforderungen

	<p><b>S3: Glasart</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;"><b>S<sub>3</sub></b></td> <td style="width: 60%;"><b>Sonnenschutzglas<sup>f,i</sup></b></td> <td style="width: 35%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fenster mit Sonnenschutzglas<sup>f</sup> mit <math>g \leq 0,4</math></td> <td style="text-align: center;">0,03</td> </tr> </table> <p><math>S_3 = 0</math> bei Wärmeschutzverglasung  <math>S_3 = 0,03</math> bei Sonnenschutzglas <math>g \leq 0,4</math></p> <p><b>S4: Neigung</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;"><b>S<sub>4</sub></b></td> <td style="width: 60%;"><b>Fensterneigung<sup>g,i</sup></b></td> <td style="width: 35%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ</math> (gegenüber der Horizontalen)</td> <td style="text-align: center;"><math>-0,035 f_{\text{neig}}</math></td> </tr> </table> <p><math>S_4 = 0</math>, bei Außenwänden</p> <p style="text-align: right;"><sup>g</sup> <math>f_{\text{neig}} = A_{W,\text{neig}} / A_{W,\text{gesamt}}</math>          Dabei ist  <math>A_{W,\text{neig}}</math> die geneigte Fensterfläche;  <math>A_{W,\text{gesamt}}</math> die gesamte Fensterfläche.</p>	<b>S<sub>3</sub></b>	<b>Sonnenschutzglas<sup>f,i</sup></b>			Fenster mit Sonnenschutzglas <sup>f</sup> mit $g \leq 0,4$	0,03	<b>S<sub>4</sub></b>	<b>Fensterneigung<sup>g,i</sup></b>			$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)	$-0,035 f_{\text{neig}}$									
<b>S<sub>3</sub></b>	<b>Sonnenschutzglas<sup>f,i</sup></b>																					
	Fenster mit Sonnenschutzglas <sup>f</sup> mit $g \leq 0,4$	0,03																				
<b>S<sub>4</sub></b>	<b>Fensterneigung<sup>g,i</sup></b>																					
	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)	$-0,035 f_{\text{neig}}$																				
	<p><b>S5: Orintierung</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;"><b>S<sub>5</sub></b></td> <td style="width: 60%;"><b>Orientierung<sup>h,i</sup></b></td> <td style="width: 35%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen <math>&gt; 60^\circ</math> ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind</td> <td style="text-align: center;"><math>+0,10 f_{\text{nord}}</math></td> </tr> </table> <p><math>S_5 = 0</math></p> <p style="text-align: right;"><sup>h</sup> <math>f_{\text{nord}} = A_{W,\text{nord}} / A_{W,\text{gesamt}}</math>          Dabei ist  <math>A_{W,\text{nord}}</math> die Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fensterfläche soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen <math>&gt; 60^\circ</math> ist sowie Fensterflächen, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind;  <math>A_{W,\text{gesamt}}</math> die gesamte Fensterfläche.</p> <p><b>S6: Neigung</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;"><b>S<sub>6</sub></b></td> <td style="width: 60%;"><b>Einsatz passiver Kühlung</b></td> <td style="width: 35%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Bauart</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>leicht</td> <td style="text-align: center;">0,02</td> </tr> <tr> <td></td> <td>mittel</td> <td style="text-align: center;">0,04</td> </tr> <tr> <td></td> <td>schwer</td> <td style="text-align: center;">0,06</td> </tr> </table> <p><math>S_6 = 0</math></p>	<b>S<sub>5</sub></b>	<b>Orientierung<sup>h,i</sup></b>			Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind	$+0,10 f_{\text{nord}}$	<b>S<sub>6</sub></b>	<b>Einsatz passiver Kühlung</b>			Bauart			leicht	0,02		mittel	0,04		schwer	0,06
<b>S<sub>5</sub></b>	<b>Orientierung<sup>h,i</sup></b>																					
	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind	$+0,10 f_{\text{nord}}$																				
<b>S<sub>6</sub></b>	<b>Einsatz passiver Kühlung</b>																					
	Bauart																					
	leicht	0,02																				
	mittel	0,04																				
	schwer	0,06																				
	<p><b>Nachweis der Sonneneintragskennwert, leichte Bauart ohne Nachweis :</b></p> <p><b>Raum 01</b></p> <p><math>S_{\text{zul}} = 0,088 - 0,0139 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0,074</math>      <math>S_{\text{vorh}} = 0,062</math></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p style="color: green;"><b>Die Anforderung an der</b>  <math>S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}</math>  <b>ist erfüllt!</b></p> </div> </div> <p><b>Raum 02</b></p> <p><math>S_{\text{zul}} = 0,088 - 0,09015 + 0 + 0 + 0 + 0 = -0,003</math>      <math>S_{\text{vorh}} = 0,123</math></p> <p style="color: red;"><b>Die Anforderung an der <math>S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}</math> ist nicht erfüllt!</b></p>																					

Formeln, Normauszug

**Vorhandener Sonneneintragskennwert**

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sum_j A_{w,j} \cdot g_{\text{tot},j}}{A_G} \quad (2)$$

Dabei ist

$A_{w,j}$  die Fensterfläche des  $j$ -ten Fensters, in  $\text{m}^2$ ; siehe Bild 2;

$g_{\text{tot}}$  der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz, berechnet nach Gleichung (3) bzw. nach DIN EN 13363-1, DIN EN 13363-2 oder angelehnt nach DIN EN 410 bzw. zugesicherten Herstellerangaben;

$A_G$  die Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs in  $\text{m}^2$ .

$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_C \quad (3)$$

Dabei ist

$g$  der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases für senkrechten Strahlungseinfall nach DIN EN 410;

$F_C$  der Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach Tabelle 7.

**Zulässiger Sonneneintragskennwert**

$$S_{\text{zul}} = \sum S_x$$

Dabei ist

$S_x$  der anteilige Sonneneintragskennwert nach Tabelle 8.

Tabelle 7 — Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren  $F_C$  von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen in Abhängigkeit vom Glaserzeugnis

Zeile	Sonnenschutzvorrichtung <sup>a</sup>	$F_C$		
		$g \leq 0,40$ (Sonnenschutzglas) zweifach	$g > 0,40$	
			dreifach	zweifach
1	ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00
2	Innenliegend oder zwischen den Scheiben <sup>b</sup>			
2.1	weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz <sup>c</sup>	0,65	0,70	0,65
2.2	helle Farben oder geringe Transparenz <sup>d</sup>	0,75	0,80	0,75
2.3	dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
3	Außenliegend			
3.1	Fensterläden, Rollläden			
3.1.1	Fensterläden, Rollläden, $\frac{3}{4}$ geschlossen	0,35	0,30	0,30
3.1.2	Fensterläden, Rollläden, geschlossen <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>	0,10 <sup>e</sup>	0,10 <sup>e</sup>
3.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen			
3.2.1	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
3.2.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung <sup>e</sup>	0,20 <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>
3.3	Markise, parallel zur Verglasung <sup>d</sup>	0,30	0,25	0,25
3.4	Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen <sup>f</sup>	0,55	0,50	0,50

<sup>a</sup> Die Sonnenschutzvorrichtung muss fest installiert sein. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.

<sup>b</sup> Für innen- und zwischen den Scheiben liegende Sonnenschutzvorrichtungen ist eine genaue Ermittlung zu empfehlen.

<sup>c</sup> Hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz, Transparenz  $\leq 10\%$ , Reflexion  $\geq 60\%$ .

<sup>d</sup> Geringe Transparenz, Transparenz  $< 15\%$ .

<sup>e</sup>  $F_C$ -Werte für geschlossenen Sonnenschutz dienen der Information und sollten für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nicht verwendet werden. Ein geschlossener Sonnenschutz verdunkelt den dahinterliegenden Raum stark und kann zu einem erhöhten Energiebedarf für Kunstlicht führen, da nur ein sehr geringer bis kein Einfall des natürlichen Tageslichts vorhanden ist.

<sup>f</sup> Dabei muss sichergestellt sein, dass keine direkte Besonnung des Fensters erfolgt. Dies ist näherungsweise der Fall, wenn

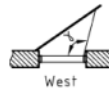
- bei Südorientierung der Abdeckwinkel  $\beta \geq 50^\circ$  ist;
- bei Ost- und Westorientierung der Abdeckwinkel  $\beta \geq 85^\circ$  ist  $\gamma \geq 115^\circ$  ist.

Der  $F_C$ -Wert darf auch für beschattete Teilflächen des Fensters angesetzt werden. Dabei darf  $F_G$  nach DIN V 18599-2:2011-12, A.2, nicht angesetzt werden.

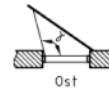
Zu den jeweiligen Orientierungen gehören Winkelbereiche von  $22,5^\circ$ . Bei Zwischenorientierungen ist der Abdeckwinkel  $\beta \geq 80^\circ$  erforderlich.



Vertikalschnitt durch Fassade



West



Ost

Horizontalschnitt durch Fassade

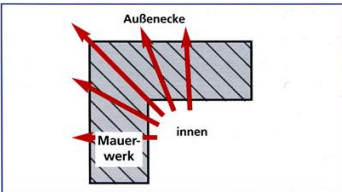
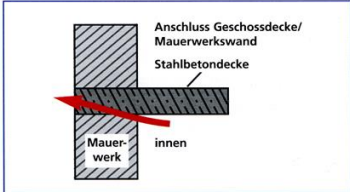

Tabelle 8 — Anteilige Sonneneintragskennwerte zur Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes

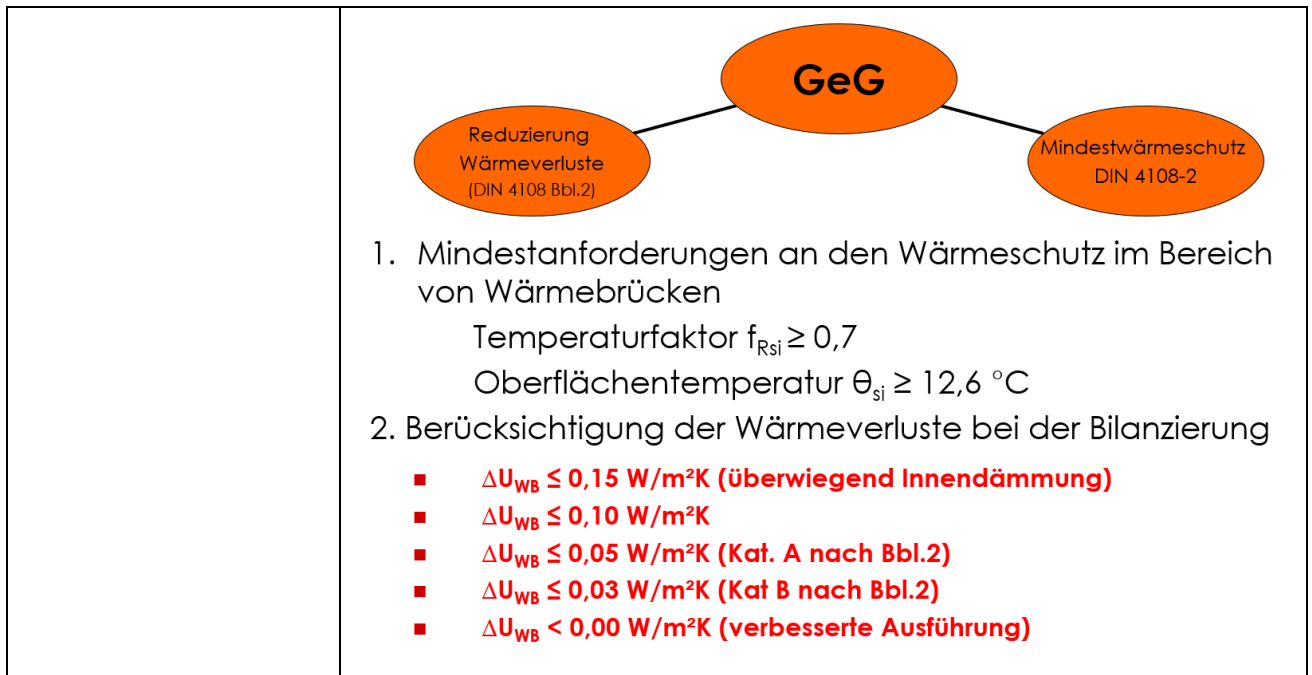
Nutzung	Anteiliger Sonneneintragskennwert $S_x$							
	Wohngebäude			Nichtwohngebäude				
Klimaregion <sup>a</sup>	A	B	C	A	B	C		
<b>Nachtlüftung und Bauart</b>								
S <sub>1</sub>	Nachtlüftung	Bauart <sup>b</sup>						
		leicht	0,071	0,056	0,041	0,013	0,007	0,000
	ohne	mittel	0,080	0,067	0,054	0,020	0,013	0,006
		schwer	0,087	0,074	0,061	0,025	0,018	0,011
		leicht	0,098	0,088	0,078	0,071	0,060	0,048
	erhöhte Nachtlüftung <sup>c</sup> mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$	mittel	0,114	0,103	0,092	0,089	0,081	0,072
		schwer	0,125	0,113	0,101	0,101	0,092	0,083
	hohe Nachtlüftung <sup>d</sup> mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,128	0,117	0,105	0,090	0,082	0,074
		mittel	0,160	0,152	0,143	0,135	0,124	0,113
	schwer	0,181	0,171	0,160	0,170	0,158	0,145	
<b>Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil <math>f_{WG}^e</math></b>								
S <sub>2</sub>	$S_2 = a - (b \cdot f_{WG})$	a	0,060		0,030			
		b	0,231		0,115			
<b>Sonnenschutzglas<sup>f,i</sup></b>								
S <sub>3</sub>	Fenster mit Sonnenschutzglas <sup>f</sup> mit $g \leq 0,4$			0,03				
<b>Fensterneigung<sup>g,i</sup></b>								
S <sub>4</sub>	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)			$-0,035 f_{neig}$				
<b>Orientierung<sup>h,i</sup></b>								
S <sub>5</sub>	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind			$+0,10 f_{nord}$				
<b>Einsatz passiver Kühlung</b>								
S <sub>6</sub>	Bauart							
	leicht				0,02			
	mittel				0,04			
	schwer				0,06			

Tabelle 8 (fortgesetzt)

- <sup>a</sup> Ermittlung der Klimaregion nach Bild 1.
- <sup>b</sup> Ohne Nachweis der wirksamen Wärmekapazität ist von leichter Bauart auszugehen, wenn keine der im Folgenden genannten Eigenschaften für mittlere oder schwere Bauart nachgewiesen sind.  
 Vereinfachend kann von mittlerer Bauart ausgegangen werden, wenn folgende Eigenschaften vorliegen:
- Stahlbetondecke;
  - massive Innen- und Außenbauteile (flächenanteilig gemittelte Rohdichte  $\geq 600 \text{ kg/m}^3$ );
  - keine innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen;
  - keine abgehängte oder thermisch abgedeckte Decke;
  - keine hohen Räume ( $> 4,5 \text{ m}$ ) wie z. B. Turnhallen, Museen usw.
- Von schwerer Bauart kann ausgegangen werden, wenn folgende Eigenschaften vorliegen:
- Stahlbetondecke;
  - massive Innen- und Außenbauteile (flächenanteilig gemittelte Rohdichte  $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$ );
  - keine innenliegende Wärmedämmung an den Außenbauteilen;
  - keine abgehängte oder thermisch abgedeckte Decke;
  - keine hohen Räume ( $> 4,5 \text{ m}$ ) wie z. B. Turnhallen, Museen usw.
- Die wirksame Wärmekapazität darf auch nach DIN EN ISO 13786 (Periodendauer 1 d) für den betrachteten Raum bzw. Raumbereich bestimmt werden, um die Bauart einzuordnen; dabei ist folgende Einstufung vorzunehmen:
- leichte Bauart liegt vor, wenn  $C_{\text{wirk}} / A_G < 50 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2)$
- Dabei ist
- $C_{\text{wirk}}$  die wirksame Wärmekapazität;
  - $A_G$  die Nettogrundfläche.
- mittlere Bauart liegt vor, wenn  $50 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{wirk}} / A_G \leq 130 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2)$ ;
  - schwere Bauart liegt vor, wenn  $C_{\text{wirk}} / A_G > 130 \text{ Wh/(K} \cdot \text{m}^2)$ .
- <sup>c</sup> Bei der Wohnnutzung kann in der Regel von der Möglichkeit zu erhöhter Nachtlüftung ausgegangen werden. Der Ansatz der erhöhten Nachtlüftung darf auch erfolgen, wenn eine Lüftungsanlage so ausgelegt wird, dass durch die Lüftungsanlage ein nächtlicher Luftwechsel von mindestens  $n = 2 \text{ h}^{-1}$  sichergestellt wird.
- <sup>d</sup> Von hoher Nachtlüftung kann ausgegangen werden, wenn für den zu bewertenden Raum oder Raumbereich die Möglichkeit besteht, geschossübergreifende Nachtlüftung zu nutzen (z. B. über angeschlossenes Atrium, Treppenhaus oder Galerieebene). Der Ansatz der hohen Nachtlüftung darf auch erfolgen, wenn eine Lüftungsanlage so ausgelegt wird, dass durch die Lüftungsanlage ein nächtlicher Luftwechsel von mindestens  $n = 5 \text{ h}^{-1}$  sichergestellt wird.
- <sup>e</sup>  $f_{WG} = A_W / A_G$   
 Dabei ist
- $A_W$  die Fensterfläche;
  - $A_G$  die Nettogrundfläche.
- Hinweis** Die durch  $S_1$  vorgegebenen anteiligen Sonneneintragskennwerte gelten für grundflächenbezogene Fensterflächenanteile von etwa 25 %. Durch den anteiligen Sonneneintragskennwert  $S_2$  erfolgt eine Korrektur des  $S_1$ -Wertes in Abhängigkeit vom Fensterflächenanteil, wodurch die Anwendbarkeit des Verfahrens auf Räume mit grundflächenbezogenen Fensterflächenanteilen abweichend von 25 % gewährleistet wird. Für Fensterflächenanteile kleiner 25 % wird  $S_2$  positiv, für Fensterflächenanteile größer 25 % wird  $S_2$  negativ.
- <sup>f</sup> Als gleichwertige Maßnahme gilt eine Sonnenschutzvorrichtung, welche die diffuse Strahlung nutzerunabhängig permanent reduziert und hierdurch ein  $s_{\text{tot}} \leq 0,4$  erreicht wird. Bei Fensterflächen mit unterschiedlichem  $s_{\text{tot}}$  wird  $S_3$  flächenanteilig gemittelt:
- $$S_3 = 0,03 \cdot A_{W,\text{glt}0,4} / A_{W,\text{gesamt}}$$
- Dabei ist
- $A_{W,\text{glt}0,4}$  die Fensterfläche mit  $s_{\text{tot}} \leq 0,4$ ;
  - $A_{W,\text{gesamt}}$  die gesamte Fensterfläche.
- <sup>g</sup>  $f_{neig} = A_{W,\text{neig}} / A_{W,\text{gesamt}}$   
 Dabei ist
- $A_{W,\text{neig}}$  die geneigte Fensterfläche;
  - $A_{W,\text{gesamt}}$  die gesamte Fensterfläche.
- <sup>h</sup>  $f_{nord} = A_{W,\text{nord}} / A_{W,\text{gesamt}}$   
 Dabei ist
- $A_{W,\text{nord}}$  die Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fensterfläche soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen  $> 60^\circ$  ist sowie Fensterflächen, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind;
  - $A_{W,\text{gesamt}}$  die gesamte Fensterfläche.
- Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet werden: Werden für die Verschattung  $F_s$  Werte nach DIN V 18599-2:2011-12 verwendet, so ist für jene Fenster  $S_5 = 0$  zu setzen.
- <sup>i</sup> Gegebenenfalls flächenanteilig gemittelt zwischen der gesamten Fensterfläche und jener Fensterfläche, auf die diese Bedingung zutrifft.



<p>Wärmebrücken</p>	<h3 style="text-align: center;">Wärmebrücken</h3> <p>Wärmebrücken führen zu einem höheren <b>Transmissionswärmeverlust</b> und damit zu einem höheren Heizwärmebedarf/Heizkosten.</p> <p>„Teil der Gebäudehülle, wo der ansonsten gleichförmige Wärmedurchlasswiderstand <b>signifikant verändert wird!</b>“</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">Definition nach DIN EN ISO 10211:2008-04</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Geometrische Wärmebrücke</b></p>  <p style="font-size: x-small;">Quelle: Künzel, Richtiges Heizen und Lüften</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Materialbedingte Wärmebrücke</b></p>  <p style="font-size: x-small;">Quelle: Künzel, Richtiges Heizen und Lüften</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eine vollständige oder teilweise Durchdringung der Gebäudehülle durch Baustoffe mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit</li> <li>- Eine Änderung der Dicke der Bauteile</li> <li>- Eine unterschiedliche große Differenz zwischen Innen- und Außenfläche, wie sie bei Wand-, Fußböden- und Decken-Anschlüssen auftritt.“</li> </ul> <p>  die Wärme in diesen Bereichen wird schneller nach außen transportiert als durch die angrenzenden Bereiche.     </p>
	<h3>Folgen von Wärmebrücken</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erhöhung der Transmissionswärmeverluste</li> <li>■ Schimmelpilzbildung in Folge Absenkung der Innenoberflächen-Temperaturen</li> </ul>

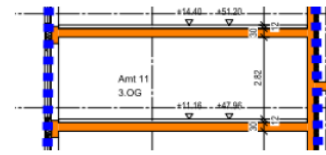


Zusammenfassung Block 6/7, Bauteilworkshop

Bauphysik Decken

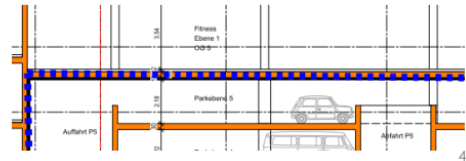
**Geschossdecken im warmen Bereich!**

Dampfdiffusion  
Luftschalldämmung  
Trittschalldämmung  
Mindestwärmeschutz  
Brandschutz



**Geschossdecken die an kalte Bereiche grenzen**

Dampfdiffusion  
Luftschalldämmung  
Trittschalldämmung  
Wärmeschutz  
Brandschutz

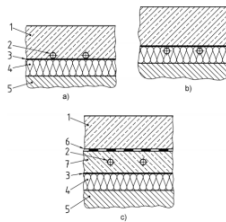


**Schwimmende Estriche**

DIN 18560-2:2009-09

Tabelle 1 — Nenndicken und Biegezugfestigkeit bzw. Härte unbeheizter Estriche auf Dämmschichten<sup>1)</sup> für lotrechte Nutzlasten ≤ 2 kN/m<sup>2</sup>

DIN 18560-2:2009-09



Legende

- a) Bauart A
- b) Bauart B
- c) Bauart C
- 1 Estrich
- 2 Heizelement
- 3 Abdeckung
- 4 Dämmschicht
- 5 tragender Untergrund
- 6 Trennschicht
- 7 Ausgleichestrich

Estrichart	Biegezugfestigkeitsklasse bzw. Härteklasse nach DIN EN 13813	Estrichnenndicke <sup>a)</sup> bei einer Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht c <sup>d)</sup> ≤ 5 mm <sup>b)</sup>	Bestätigungsprüfung		Eindringtiefe	
			Biegezugfestigkeit /N/mm <sup>2</sup>	Härte	bei (22 ± 1) °C	bei (40 ± 1) °C
Calciumsulfat-Flieβestrich CAF	F4	≥ 35	≥ 3,5	≥ 4,0	—	—
	F5	≥ 35	≥ 4,5	≥ 5,0	—	—
	F7	≥ 35	≥ 6,5	≥ 7,0	—	—
Calciumsulfat-Estrich CA	F4	≥ 45	≥ 2,0	≥ 2,5	—	—
	F5	≥ 40	≥ 2,5	≥ 3,5	—	—
	F7	≥ 35	≥ 3,5	≥ 4,5	—	—
Gussasphalt-Estrich AS	IC10	≥ 25	—	—	≤ 1,0	≤ 4,0
	ICH10	≥ 35	—	—	≤ 1,0	≤ 2,0
Kunstharz-Estrich SR	F7	≥ 35	≥ 4,5	≥ 5,5	—	—
	F10	≥ 30	≥ 6,5	≥ 7,0	—	—
Magnesia-Estrich MA	F4 <sup>e)</sup>	≥ 45	≥ 2,0	≥ 2,5	—	—
	F5	≥ 40	≥ 2,5	≥ 3,5	—	—
	F7	≥ 35	≥ 3,5	≥ 4,5	—	—
Zementestrich CT	F4	≥ 45	≥ 2,0	≥ 2,5	—	—
	F5	≥ 40	≥ 2,5	≥ 3,5	—	—

9

**Qualität der Dämmschichten**

**ISOVER EPS Trittschalldämmplatte DES**

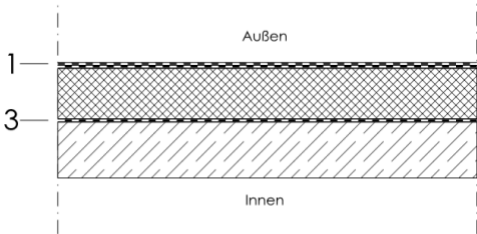
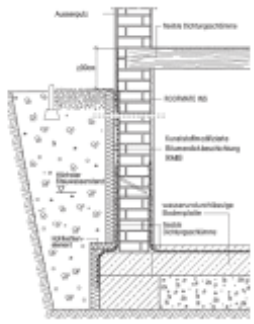
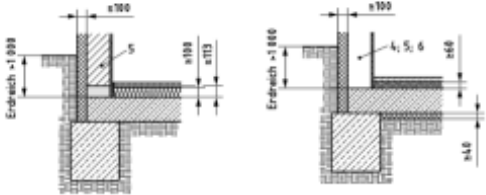
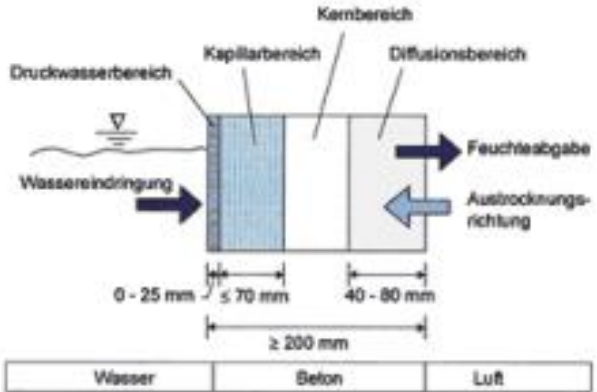
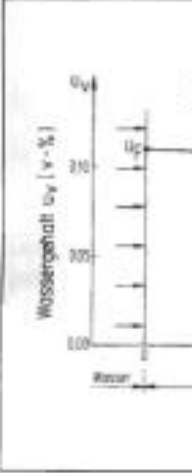
Qualitätstypen: **Risilent Floor® 10000, EPS 035 DES sg**  
**Risilent Floor® 5000, EPS 040 DES sg**  
**Risilent Floor® 4000, EPS 045 DES sm**

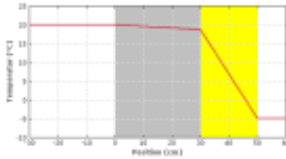
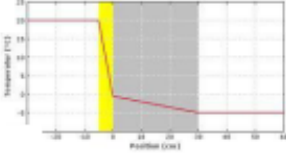

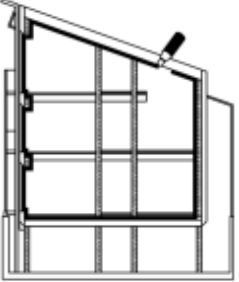
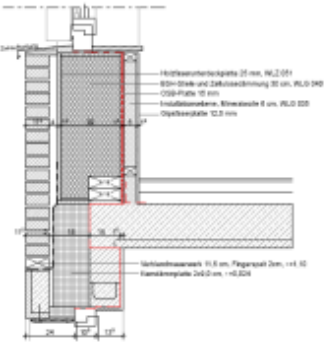
wärmetechnische Eigenschaften

schalltechnische Eigenschaften

Quelle: Isover

Eigenschaften	Zeichen	Einheit	Kenngrößen und Messwerte		Normen		
Material			Expandiertes Polystyrol (EPS), Blockware weiß		—		
Anwendungsgebiete			Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich mit Trittschallanforderungen geringe Zusammendrückbarkeit (sg) - mittlere Zusammendrückbarkeit (sm)		DIN 4108-10		
Euroklasse			E		DIN EN 13501-1		
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit <sup>a)</sup>	λ <sub>0</sub>	W/(m·K)	Risilent Floor® 10000: 0,034 Risilent Floor® 5000: 0,038 Risilent Floor® 4000: 0,041		DIN EN 13163		
Zusammendrückbarkeit	CP	mm	Risilent Floor® 10000: CP2: ≤ 2 Risilent Floor® 5000: CP2: ≤ 2 Risilent Floor® 4000: CP3: ≤ 3		DIN EN 13163		
Zulässige Verkehrslast		kPa	Risilent Floor® 10000: ≤ 10,0 Risilent Floor® 5000: ≤ 5,0 Risilent Floor® 4000: ≤ 4,0				
Schallschutz / Lieferdicken	Stufe der dyn. Steifigkeit [MN/m <sup>3</sup> ]	Trittschall-Verbesserungsmaß ΔL <sub>w,n</sub> [dB] <sup>b)</sup>	Risilent Floor 4000 d <sub>n</sub> - c <sup>1)</sup>	Risilent Floor 5000 d <sub>n</sub> - c <sup>1)</sup>	Risilent Floor 10000 d <sub>n</sub> - c <sup>1)</sup>		
			SD10: ≤ 10	30	60-3 50-3 45-3 40-3 35-3		
			SD15: ≤ 15	29	30-3	50-2	
			SD20: ≤ 20	28	25-2 20-2	40-2 30-2	
			SD30: ≤ 30	26	15-2	20-2	100-2 90-2 80-2 70-2 60-2 50-2 40-2 30-2

	<p><b>Massivdächer</b></p> <p>Dampfdichtes Warmdach in Massivbauweise</p>  <p>Abdichtung gemäß Flachdachrichtlinie          Wärmedämmung          Dampfsperre <math>s_d \geq 1500m</math>          Stahlbetondecke</p>
	<p><b>Bauteile gegen Erdreich</b></p> <p><b>physikalische Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Ebene der Bauwerksabdichtung</li> <li>· Raumabschluss/Wärmedämmung</li> <li>· Schallschutz (flankierendes Bauteil)</li> </ul> <p><b>konstruktive Anforderungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Standsicherheit/Statik</li> </ul>  
	<p><b>Wassertransport durch WU-Betonbauteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wassertransport durch Kapillarität</li> <li>- Wassertransport durch Diffusion</li> </ul>   <p>Abb. 6: Einteilung zw. bei einseitiger entnommen zu</p>

	<p><b><u>Einteilung nach Lage der Wärmedämmung</u></b></p> <p>Außenwände mit außen liegender Wärmedämmung</p>  <p>Außenwände mit innen liegender Wärmedämmung</p>  <p>Außenwände als Paneelfassade: Wärmedämmung im Aufbau</p> 
	<p><b><u>Luftdichte Gebäudehülle:</u></b></p>  <p>Bild 1 – Prinzipdarstellung für eine umlaufende Luftdichtheitsebene, die mit einem Stift ohne abzusetzen nachgezeichnet werden kann</p>  <p style="text-align: right;">VORAR &gt;</p>

Zusammenfassung Block 08, Passivhaus, Niedrigstenergiegebäude

25 Jahre Passivhaus – Interview mit Dr. Wolfgang Feist



"Keine teuren Extras andrehen lassen"

Die Kinder freuten sich: Hausbau bedeutet Aktion! Die Großeltern waren skeptisch, aber wohlwollend. Einige Experten jedoch veröffentlichten Abhandlungen, nach denen das Passivhaus niemals funktionieren könne. Wolfgang Feist ließ sich nicht beirren:

"Dass man ein Haus energieeffizienter machen kann, war sofort klar". Er wusste auch, dass er auf Dauer nicht als Exot gelten wollte: "Exoten haben Eintagsfliegenwert". Beide Ziele hat der Passivhaus-Pionier erreicht.

Quelle: www.passiv.de


Passivhausstandard

- Passivhäuser sind besonders energieeffizient
- ca. 25 Jahre bereits erprobt bzw. weiterentwickelt
- ca. 7 Millionen Quadratmeter Nutzfläche bis Ende 2010 in Europa
- Hochwärmedämmte Komponenten der Außenbauteile
- Energieeffiziente Lüftungs- und Heizungstechnik
- Ganzheitlicher Primärenergiekennwert von 120kWh/m<sup>2</sup>
- Mit bilanziert werden Heizwärmebedarf, Warmwasserbereitung Stromverbrauch für Haushaltsgeräte (empfohlener PHPP Wert < 50 kWh/m<sup>2</sup>a)

Passivhauskriterien (Ursprung)

- Jahresprimärenergiebedarf  $Q_p \leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ; davon zur Stromerzeugung  $Q_{p,el} \leq 55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Jahresheizwärmebedarf  $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Max. Heizlast  $P_{HZ} \leq 10 \text{ W/m}^2$
- Wärmedurchgangskoeffizienten der opaken Außenbauteile  $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Wärmedurchgangskoeffizienten der transparenten Außenbauteile  $U < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Luftdichtheit  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Lüftungsanlage WRG  $\eta \geq 75\%$
- Wärmebrückenfreie Konstruktionen  $\psi \leq 0,01 \text{ W/mK}$  (Bauplatzanforderungen)

	<p><b>Behaglichkeit?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauteile: reguläre innere Oberflächentemperaturen sollen gegenüber der mittleren operativen Temperatur um nicht mehr als <math>\Delta u \leq 4,2</math> K abweichen</li> <li>• An keiner Stelle geringer als 13°C oder höher als 55°C</li> <li>• Fußboden-Oberflächentemperatur 19°C-27°C</li> <li>• Luft: Zuluft- Temperatur im Raum darf die mittlere operative Temperatur um nicht mehr als 10 K unterschreiten</li> <li>• Rel. Luftfeuchte 30%-60%</li> </ul>																		
	<p><b>Berechnungsgrundlagen/Ansätze</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>Wärmeschutz der Hüllfläche</b></td> <td><math>U \leq 0,15</math> W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td><b>Wärmebrücken</b></td> <td>„Wärmebrückenfreie“ Konstruktionen Wärmebrückenverlustkoeffizient <math>\Psi_o \leq 0,01</math> W/mK  Bei Konstruktionen mit <math>\Psi_o &gt; 0,01</math> W/mK erfolgt ein separater Ansatz in der Berechnung</td> </tr> <tr> <td><b>Luftdichtheit</b></td> <td>Luftdichte Konstruktionen <math>n_{50} \leq 0,6</math> h<sup>-1</sup> Drucktest (Blower-Door) nach DIN EN 13829</td> </tr> <tr> <td><b>Verglasung</b></td> <td>Wärmedurchgangskoeffizient <math>U_g \leq 0,8</math> W/m<sup>2</sup>K Energiedurchlassgrad <math>g \geq 0,5</math></td> </tr> <tr> <td><b>Fenster</b></td> <td>Wärmedurchgangskoeffizient <math>U_w \leq 0,8</math> W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td><b>Lüftung</b></td> <td>Lüftungsanlage mit hocheffizienter WRG <math>\eta_{WRG} \geq 75\%</math> (nach PHI Zertifikat oder nach DIBT-Messwert -12%) bei niedrigem Stromverbrauch <math>\leq 0,45</math> Wh/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Brauchwasser</b></td> <td>Niedrige Wärmeverluste der Brauchwassererwärmung:</td> </tr> <tr> <td><b>Haushaltsstrom</b></td> <td>Hocheffiziente Nutzung von elekt. Haushaltsstrom</td> </tr> <tr> <td><b>Systembauteile eines Passivhauses</b></td> <td>Außentüren, Rollläden, Fenster mit PHI zertifizierten Produkten</td> </tr> </table>	<b>Wärmeschutz der Hüllfläche</b>	$U \leq 0,15$ W/m <sup>2</sup> K	<b>Wärmebrücken</b>	„Wärmebrückenfreie“ Konstruktionen Wärmebrückenverlustkoeffizient $\Psi_o \leq 0,01$ W/mK  Bei Konstruktionen mit $\Psi_o > 0,01$ W/mK erfolgt ein separater Ansatz in der Berechnung	<b>Luftdichtheit</b>	Luftdichte Konstruktionen $n_{50} \leq 0,6$ h <sup>-1</sup> Drucktest (Blower-Door) nach DIN EN 13829	<b>Verglasung</b>	Wärmedurchgangskoeffizient $U_g \leq 0,8$ W/m <sup>2</sup> K Energiedurchlassgrad $g \geq 0,5$	<b>Fenster</b>	Wärmedurchgangskoeffizient $U_w \leq 0,8$ W/m <sup>2</sup> K	<b>Lüftung</b>	Lüftungsanlage mit hocheffizienter WRG $\eta_{WRG} \geq 75\%$ (nach PHI Zertifikat oder nach DIBT-Messwert -12%) bei niedrigem Stromverbrauch $\leq 0,45$ Wh/m <sup>3</sup>	<b>Brauchwasser</b>	Niedrige Wärmeverluste der Brauchwassererwärmung:	<b>Haushaltsstrom</b>	Hocheffiziente Nutzung von elekt. Haushaltsstrom	<b>Systembauteile eines Passivhauses</b>	Außentüren, Rollläden, Fenster mit PHI zertifizierten Produkten
<b>Wärmeschutz der Hüllfläche</b>	$U \leq 0,15$ W/m <sup>2</sup> K																		
<b>Wärmebrücken</b>	„Wärmebrückenfreie“ Konstruktionen Wärmebrückenverlustkoeffizient $\Psi_o \leq 0,01$ W/mK  Bei Konstruktionen mit $\Psi_o > 0,01$ W/mK erfolgt ein separater Ansatz in der Berechnung																		
<b>Luftdichtheit</b>	Luftdichte Konstruktionen $n_{50} \leq 0,6$ h <sup>-1</sup> Drucktest (Blower-Door) nach DIN EN 13829																		
<b>Verglasung</b>	Wärmedurchgangskoeffizient $U_g \leq 0,8$ W/m <sup>2</sup> K Energiedurchlassgrad $g \geq 0,5$																		
<b>Fenster</b>	Wärmedurchgangskoeffizient $U_w \leq 0,8$ W/m <sup>2</sup> K																		
<b>Lüftung</b>	Lüftungsanlage mit hocheffizienter WRG $\eta_{WRG} \geq 75\%$ (nach PHI Zertifikat oder nach DIBT-Messwert -12%) bei niedrigem Stromverbrauch $\leq 0,45$ Wh/m <sup>3</sup>																		
<b>Brauchwasser</b>	Niedrige Wärmeverluste der Brauchwassererwärmung:																		
<b>Haushaltsstrom</b>	Hocheffiziente Nutzung von elekt. Haushaltsstrom																		
<b>Systembauteile eines Passivhauses</b>	Außentüren, Rollläden, Fenster mit PHI zertifizierten Produkten																		
	<p><b>Berechnungstool, Bestimmung der Heizwärme</b></p>																		

	<p><b><u>Niedrigst-Energiegebäude</u></b>  <b>(nach EU-Richtlinie 2010/31/EU)</b></p> <p>Den Rahmen für die Definitionen gaben <u>internationale Abkommen</u>, vor allem aber die <u>EU-Richtlinie 2010/31/EU</u> vor.</p> <p><i>Darin heißt es in Artikel 2, Absatz 2: " `Niedrigstenergiegebäude` [beschreibt] ein Gebäude, das eine sehr hohe, nach Anhang I bestimmte Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen - einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird - gedeckt werden".</i></p>
	<p><b><u>Niedrigstenergiegebäude</u></b>  <b>(nach EU-Richtlinie 2010/31/EU)</b></p> <p>Die im Rahmen von COHERENO erarbeitete deutsche Interpretation lautet:</p> <p><i>Niedrigstenergiehäuser sind Gebäude, die die Anforderungen für ein KfW-Effizienzhaus 55 nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 erfüllen oder noch energieeffizienter sind.</i></p> <p><i>Gebäude, die vor dem Jahr 2009 saniert wurden, werden als Niedrigstenergiehäuser bezeichnet, wenn der spezifische Jahresprimärenergiebedarf bei maximal 40 kWh/(m²a) liegt und der Transmissionswärmeverlust auf maximal 0.28 W/(m²K) beareznt wird.</i></p>
	<p><b><u>Niedrigstenergiegebäude</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieeffizientes Gebäude</li> <li>• Reduktion des Energiebedarfs</li> <li>• Deckung des Energiebedarfs über erneuerbare Energien       <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrenzte Verfügbarkeit vieler <u>erneuerbare</u> Energien</li> <li>• Schwankenden Verfügbarkeit</li> <li>• Wirtschaftlichkeit</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: center;">  </p>