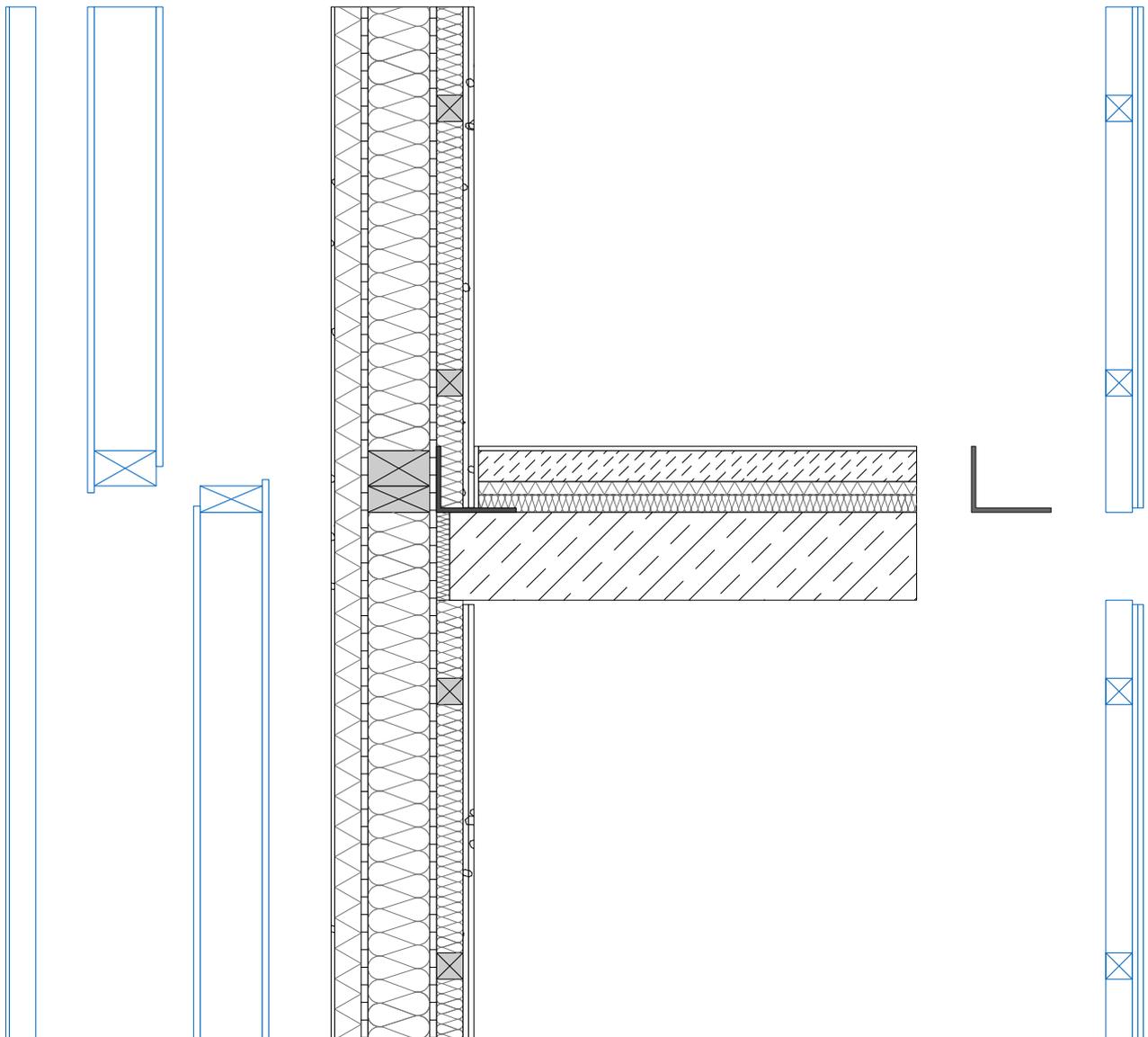




Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt  
Fakultät für Architektur

# Konstruktionskatalog Fassadenelemente für Hybridbauweisen





© 2016 Technische Universität München

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges  
Planen und Bauen

Lehrstuhl für Massivbau

Arcisstraße 21  
80333 München

**Projekt:** „Fassadenelemente für Hybridbauweisen“

**Projektträger:** **Technische Universität München**

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter  
Dr.-Ing. René Stein (Projektleitung)

Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges  
Planen und Bauen  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Werner Lang

Lehrstuhl für Massivbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer

**Autoren:** Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Dipl.-Ing. Miriam Kleinhenz  
(Konstruktion, Statik, Holzschutz)  
Dr.-Ing. René Stein  
(Brandschutz, Konstruktion)

Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges  
Planen und Bauen  
Dipl.-Ing. (FH) Christina Dotzler, M.Eng.  
(Feuchte- und Wärmeschutz, Konstruktion, Grund-  
lagen, Koordination Konstruktionskatalog)  
Dipl.-Ing. Patricia Schneider, Architektin  
(Ökobilanzierung)

Lehrstuhl für Massivbau  
Dipl.-Ing. Christof Volz  
(Statik, Konstruktion)

Studentische Hilfskräfte  
Pierre Keller-Psathopoulos, M.Sc.  
Jochen Mecus, B.Sc.  
Christoph Werner, M.Sc.  
(Zeichnungen, Datenzusammenstellung)

ift Rosenheim  
Dr. rer. nat. Joachim Hessinger  
(Schallschutz)

**Förderer:** **Bayerische Bauwirtschaft**  
Lessingstraße 4  
80336 München





---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>8</b>
1.1	Aufbau des Konstruktionskatalogs	8
1.2	Abkürzungen	8
1.2.1	Bauteilbezeichnungen	8
1.2.2	Baustoffe	8
1.2.3	Sonstiges	9
1.3	Legende Anschlussdetails	9
<b>2</b>	<b>Materialdaten, Berechnungs- und Normengrundlagen</b>	<b>10</b>
2.1	Statische Bemessung	10
2.1.1	Grundlagen zur Tragwerksplanung	10
2.1.2	Holzfasadenelemente	10
2.1.3	Stahlbeton- und Spannbetontragwerk	12
2.1.4	Brandschutzbemessung	13
2.1.5	Schnittstellen und Verbindungsmittel	15
2.2	Bauphysikalische Kennwerte und Anforderungen	18
2.2.1	Wärme- und Feuchteschutz	18
2.2.2	Luft- und Winddichtheit	19
2.2.3	Brandschutz	21
2.2.4	Schallschutz	26
2.3	Holzschutz	28
2.3.1	Allgemein	28
2.3.2	Kernelement und Fassade	28
2.3.3	Bauliche Holzschutzmaßnahmen	29
2.3.4	Maßnahmen mit Holzschutzmitteln	30
2.4	Kennwerte Ökobilanz	31
2.4.1	Allgemein	31
2.4.2	Systemgrenzen und Betrachtungszeitraum	31

2.4.3	Holz und Holzwerkstoffe	31
2.4.4	Alternative Materialien	31
2.5	Übersicht Baustoffkennwerte	32
2.5.1	Bauphysikalische Kennwerte	32
2.5.2	Randbedingungen der Wärmebrückenberechnung in THERM 7.3	35
2.5.3	Ökologische Baustoffkennwerte	36
<b>3</b>	<b>Bauteile</b>	<b>40</b>
3.1	Wandaufbauten	40
3.1.1	WA1-1 - Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene – MW-Dämmung bis GK 5	40
3.1.2	WA1-2 - Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene – Nachwachsende Dämmung bis GK 3	42
3.1.3	WA1-3 - Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene – MW- und nachwachsende Dämmung bis GK 5	44
3.1.4	WA2-1 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, mit Installationsebene – MW-Dämmung bis GK5	46
3.1.5	WA2-2 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, mit Installationsebene – Nachwachsende Dämmung bis GK3	50
3.1.6	WA2-3 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, mit Installationsebene – MW- und nachwachsende Dämmung bis GK5	52
3.1.7	WA3-1 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, ohne Installationsebene – MW-Dämmung bis GK5	54
3.1.8	WA3-2 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, ohne Installationsebene – Nachwachsende Dämmung bis GK3	56
3.1.9	WA3-3 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, ohne Installationsebene – MW- und nachwachsende Dämmung bis GK5	58
3.1.10	WA4 - Außenwand aus Stahlbeton, WDVS	60
3.1.11	WI1 - Trennwand aus Stahlbeton	62



---

3.2	Dachaufbauten	64
3.2.1	DA1 - Flachdach, massiv	64
3.2.2	DA2 - Steildach, Holzkonstruktion	66
3.3	Deckenaufbauten	68
3.3.1	DE1 - StB-Geschossdecke, Ortbeton	68
3.3.2	DE2 - StB-Hohldielendecke, vorgespannt	70
3.4	BO - StB-Bodenplatte	72
<b>4</b>	<b>Vertikale Bauteilanschlüsse</b>	<b>74</b>
4.1	Dachanschlüsse	74
4.1.1	Anschluss Flachdach mit Attika - Außenwand, vorgestellt	74
4.1.2	Anschluss Flachdach ohne Attika - Außenwand, vorgestellt	76
4.1.3	Anschluss Ortgang Steildach - Außenwand, vorgestellt	78
4.2	Geschossdeckenstoß	80
4.2.1	Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt	80
4.2.2	Anschluss Geschossdecke - Außenwand, eingestellt	82
4.2.3	Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt - vorgestellter Balkon	84
4.2.4	Anschluss Geschossdecke mit Randunterzug - Außenwand, vorgestellt	86
4.2.5	Anschluss Hohldielendecke - Außenwand, vorgestellt	88
4.3	Sockelanschluss	90
4.3.1	Ebenerdiger Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt	90
4.3.2	Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt	92
<b>5</b>	<b>Horizontale Bauteilanschlüsse</b>	<b>94</b>
5.1	Eckstoß Außenwand	94
5.1.1	Anschlussdetail, M 1:20	94
5.1.2	Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20	94
5.1.3	Fügetechnik, Montagereihenfolge, M 1:20	95
5.2	Stoß Innenwand - Außenwand	96
5.2.1	Anschlussdetail, M 1:20	96

---

5.2.2	Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20	96
5.2.3	Fügetechnik, Montagereihenfolge, M 1:20	97
<b>6</b>	<b>Verbindungsmitteldetails</b>	<b>98</b>
6.1	Geschossdeckenanschluss, vorgestellt	99
6.2	Geschossdeckenanschluss, eingestellt	100
6.3	Geschossdeckenanschluss mit Randunterzug	102
6.4	Flachdachanschluss	103
6.5	Ortganganschluss	104
6.6	Sockelanschluss	105
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>106</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>110</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>113</b>
	<b>Normen und Verordnungen</b>	<b>114</b>
	<b>Verwendete Software</b>	<b>118</b>



## 1 Grundlagen

### 1.1 Aufbau des Konstruktionskatalogs

Der Konstruktionskatalog dient als Planungsgrundlage für Anschlussdetails in Hybridbauweise und gibt Aufschlüsse über wärme-, feuchte-, brand- und schallschutztechnische Anforderungen, den Holzschutz sowie über die ökologische Qualität der Bauteile und statische Bedingungen.

Grundsätzlich werden Standardfälle beschrieben, die je nach Ausführung im Einzelfall zu prüfen und anzupassen sind.

In Kapitel 2 werden die Materialdaten, Berechnungs- und Normengrundlagen definiert.

Kapitel 3 zeigt ausgewählte Bauteilvarianten, welche die energetischen Anforderungen nach EnEV 2016 und teilweise auch die Anforderungen für den Niedrigstenergiestandard (z.B. PH) erfüllen.

Die nichttragenden Außenwandaufbauten können dabei die Brandschutzanforderungen bis Gebäudeklasse (GK) 5 bedienen.

Um die ökologische Qualität besser beurteilen zu können, werden die Dämmmaterialien ebenfalls variiert und je Bauteil insgesamt drei Ausführungsoptionen dargestellt:

- Variante 1: HRB-Wand mit Mineralwolldämmung (nichtbrennbar) für Brandschutzanforderungen bis GK 5
- Variante 2: HRB-Wand mit nachwachsender Dämmung für Brandschutzanforderungen bis GK 3
- Variante 3: HRB-Wand mit einer Kombination aus nachwachsender Dämmung im Kernelement und einer mineralischen Außen- bzw. Innendämmung für Brandschutzanforderungen bis GK 5.

Somit ergeben sich in Summe elf Wandaufbauten, die in Kombination mit insgesamt fünf Dach-, Geschoss- und Sockelanschlüssen verglichen werden können. Zunächst werden die Bauteilaufbauten mit den verwendeten Baustoffen und einzelnen Schichtdicken angegeben. Die maßgebenden bauphysikalischen Kenndaten werden ebenfalls zusammenfassend und übersichtlich dargestellt.

Die ökologische Bewertung erfolgt in m<sup>2</sup> Bauteilfläche.

Des Weiteren werden Anwendbarkeits- und Verwendbarkeitsnachweise beschrieben, die Aufschlüsse über weitere Variantenmöglichkeiten bringen sollen.

Kapitel 4 stellt mögliche vertikale Bauteilanschlüsse wie Dachanschlüsse, Geschossdeckenstöße und Sockelanschlüsse vor.

Kapitel 5 gibt mögliche horizontale Bauteilanschlüsse wie Eckausbildungen und Wandeinbindungen wieder. Neben der maßstabsgetreuen Darstellung des Anschlussdetails ist der Isothermenverlauf und die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen abgebildet. Darüber hinaus wird eine Empfehlung zum Montageablauf und der Fügechnik beschrieben.

Die Verbindungsmitteldetails der Bauteilanschlüsse sind dem Kapitel 6 zu entnehmen. Diese dienen als Vorlage und müssen im Einzelfall überprüft werden.

### 1.2 Abkürzungen

#### 1.2.1 Bauteilbezeichnungen

Die einzelnen Bauteile werden mit folgenden Abkürzungen versehen, um die Variantenbildung übersichtlicher zu gestalten:

- WA: Außenwand
- WI: Innenwand
- DA: Dach
- DE: Geschossdecke
- BO: Bodenplatte

Die Bauteile werden von 1 bis n durchnummeriert. Werden innerhalb identischer Schichtfolgen unterschiedliche Materialien definiert, erfolgt die Nummerierung in zweiter Ebene.

Ein Beispiel:

- WA1: Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene
- WA1-1: Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene - MW-Dämmung bis GK 5
- WA1-2: Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene - Nachwachsende Dämmung bis GK3

#### 1.2.2 Baustoffe

Die einzelnen Baustoffe werden wie folgt abgekürzt:

- |       |  |
|-------|--|
| • BFU | Bau-Furniersperrholz                             |
| • BSH | Brettschichtholz                                 |
| • DHF | diffusionsoffene und feuchtebeständige Holzfaser |
| • EPS | Expandiertes Polystyrol                          |
| • GF  | Gipsfaser  |
| • GK  | Gipskarton                                       |
| • GKF | Gipskarton-Feuerschutz                           |
| • HBV | Holz-Beton-Verbund                               |
| • HRB | Holzrahmenbau                                    |
| • HWS | Holzwerkstoff                                    |
| • KVH | Konstruktionsvollholz                            |

- LSL Langspanholz (Laminated Strand Lumber)
- MDF Mitteldichte Faser
- OSB Oriented strand board
- PE Polyethylen
- PU Polyurethan
- TSD Trittschalldämmung
- WDVS Wärmedämmverbundsystem
- XPS Extrudiertes Polystyrol

### 1.2.3 Sonstiges

Die wärmeschutztechnische Qualität der Dämmungen wird mit der WLS (Wärmeleitstufe) beschrieben. Sie spiegelt die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  wieder (z.B. entspricht eine WLS 035 einem  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ ).

Ferner werden folgende Abkürzungen verwendet:

- RH Relative Humidität
- VK Vorderkante
- WB Wärmebrücke
- WLS Wärmeleitstufe
- LTS Liste Technischer Baubestimmungen

### 1.3 Legende Anschlussdetails

Bei der Fügetechnik/Montagereihenfolge werden zusätzlich zu den Bauteilaufbauten luft- und wasserdichte Anschlüsse nach folgender Legende dargestellt.

-  Luftdichtung/Dampfbremse bzw. Wassersperrschicht/Feuchteschutzbahn
-  Kompriband
-  Verklebung

Für die ausführliche Beschreibung der Grundlagen wird auf den Endbericht verwiesen. Der Konstruktionskatalog ist als Kurzdarstellung der relevanten Kenndaten zu verstehen.



## 2 Materialdaten, Berechnungs- und Normengrundlagen

### 2.1 Statische Bemessung

#### 2.1.1 Grundlagen zur Tragwerksplanung

Die Bemessung des massiven Stahlbetontragwerks sowie der Holzfassadenelemente erfolgt gemäß DIN EN 1990:2010-12, welche auf der Methode mit Teilsicherheitsbeiwerten beruhen. Wie Tab. 2-1 zeigt werden generell zwei Nachweisformate unterschieden: Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) sowie Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Tab. 2-1 Darstellung der Nachweisformate und Bemessungswerte nach (DIN EN 1990, 2010)

Nachweisformat GZT	Nachweisformat GZG
$E_d \leq R_d$	$E_d \leq C_d$
$E_d$ = Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen	$E_d$ = Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkungen
$R_d$ = Bemessungswert der Tragfähigkeit	$C_d$ = Bemessungswert der Grenze für das maßgebende Gebrauchstauglichkeitskriterium

Auf der Seite der Einwirkungen werden zur Lastermittlung die einzelnen Teile der DIN EN 1991 herangezogen:

- EN 1991 Teil 1-1 : Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
- EN 1991 Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- EN 1991 Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
- EN 1991 Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- EN 1991 Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen
- EN 1991 Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung
- EN 1991 Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Außergewöhnliche Einwirkungen

#### 2.1.2 Holzfassadenelemente

##### 2.1.2.1 Vorgefertigte Fassadenelemente

Im Bereich von vorgefertigten Bausystemen für Außenwände lassen sich industriell und handwerk-

lich vorgefertigte Holzbauelemente vereinfachend in die Systembereiche Fassade, Kernelement und Installationsebene einteilen (vgl. Abb. 2-1).

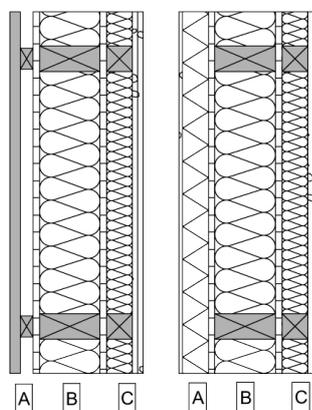


Abb. 2-1 Systembereiche: A) Fassade; B) Kernelement; C) Installationsebene (Eigene Darstellung)

Bausysteme haben den Vorteil einer standardisierten Bauweise mit hohem Vorfertigungsgrad, geringerer Bauzeit und einer wirtschaftlichen Verarbeitung. Die Fassadenelemente fungieren als Raumabschluss zur Einhaltung bauphysikalischer Anforderungen und geben die tragende Funktion gänzlich an das innere Gebäudeträgerwerk ab. Die somit nichttragenden Fassadenelemente werden je nach Anschlussvariante mit dem Stahlbetontragwerk verbunden bzw. darin integriert und stellen in dieser Kombination eine spezielle Art des Hybridbaus bzw. Mischbaus dar. Das Kernelement der Gebäudehülle wird in der Regel in Holzrahmenbauweise (HRB) ausgeführt.

##### 2.1.2.2 Systembereiche: Fassade - Kernelement - Installationsebene

Dem Kernelement werden viele Funktionen auf engem Raum zugeordnet. Sowohl bauphysikalische Anforderungen an Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz als auch statische Anforderungen müssen erfüllt werden. Die tragende Funktion übernimmt im Falle des Holzrahmenbaus ein stabförmiges Traggerippe bestehend aus vertikalen Ständern sowie horizontaler Schwelle und Rähm aus Konstruktionsvollholz, wie Abb. 2-2 zeigt.

Mit dem Traggerippe in einer Ebene liegt die Dämmung, welche eine leichte Konstruktion mit geringer Wanddicke gewährleistet. Stabilisierende, beidseitige Bekleidungen aus Holzwerkstoffplatten bzw. Gipsplatten schließen das Kernelement flächig zu einem beidseitig geschlossenen und hohlraumfrei gedämmten Holzrahmenbauelement ab. Die Fassade gewährleistet den erforderlichen Wetter- und Holzschutz des Kernelements an der Außenseite (vgl. Endbericht, Kapitel 2.10.3). In Abb. 2-1 sind

Schnitte von Wandaufbauten mit einer Vorsatzschale bzw. einer Kompaktfassade dargestellt. Eine Durchdringung des Außenwandelements ist zu vermeiden. Nach vollständiger Montage ist es von Vorteil, wenn Installationsführungen unabhängig von der vorgefertigten Gebäudehülle integriert werden können.

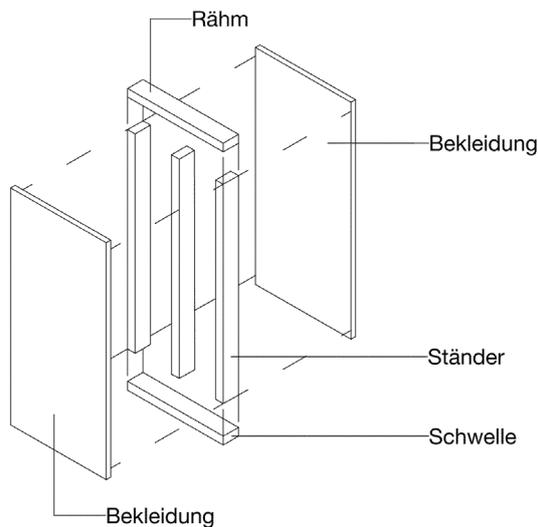


Abb. 2-2 Aufbau einer Holzrahmenbauwand (Eigene Darstellung)

Dies kann durch eine an der Innenseite angebrachte Vorsatzschale erreicht werden, deren zunächst offener Hohlraum die Möglichkeit schafft, Installationen auf der Baustelle zu integrieren. (Kolb, 2007, S.68)

### 2.1.2.3 Grundprinzipien der Befestigung

Die Holzrahmenbauelemente werden an dem Stahlbetontragwerk befestigt. Verschiedene Varianten sind für den Anschluss möglich. Abb. 2-3 zeigt vereinfacht drei Anschlussvarianten: „vorgestellt“, „vorgehängt“ und „eingestellt“. Diese Varianten wirken sich unterschiedlich auf bauphysikalische Eigenschaften im Anschlussbereich sowie auf die Beanspruchung der Befestigungswinkel aus (vgl. Kapitel 2.1.3).

In der vorgestellten Variante wird die Eigenlast der nichttragenden Holzrahmenbauwand über die einzelnen Wandelemente nach unten hinweg weitergeleitet oder geschossweise über eine Verbindung am Wandfuß in die massive Decke eingeleitet.

Bei der vorgehängten Variante werden die außerhalb des Tragwerks angeordneten Wandelemente geschossweise am Wandkopf an die massiven Decken angehängt. Die eingestellte Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass die Außenfassadenelemente geschossweise direkt auf den massiven Decken des Tragwerks stehen und somit innerhalb des Tragwerkes mit einem definierten Einstellgrad liegen. Zur Einhaltung von bauphysikalischen Kenngrößen des Wärmeschutzes oder des Schallschutzes werden die Elemente mit einem definierten Einstellgrad auf den Deckenrändern der Tragstruktur gelagert, wobei gleichzeitig die Standsicherheit der Fassadenelemente gewährleistet sein muss. In allen Varianten werden die Windlasten in Form von Druck bzw. Zugkräften geschossweise in die massiven Decken weitergeleitet.

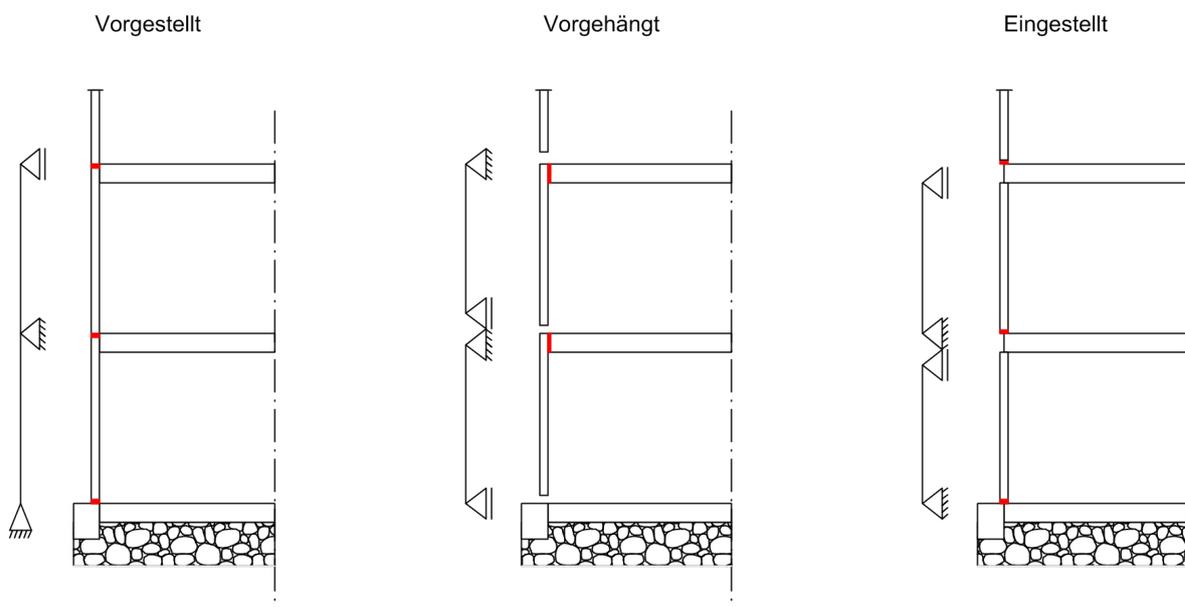


Abb. 2-3 Anschlussvarianten nichttragender Fassadenelemente (Eigene Darstellung)



### 2.1.2.4 Bemessung der nichttragenden Holzrahmenbauelemente

Die Querschnittsgrößen des Traggerippes des Kernelements hängen zum einen von den erforderlichen Schichtdicken der Gefachdämmung gemäß der bauphysikalischen Anforderungen (vgl. Kapitel 2.2) und zum anderen von dem aus statischer Sicht erforderlichen Querschnitt ab. Der Querschnitt dient zur Abtragung der in der Außenwand wirkenden horizontalen Windlasten und der vertikalen Eigenlasten der Elemente.

Maßgebende Tragfähigkeitsnachweise für die nichttragenden, geschossweise befestigten Elemente sind hierbei Nachweise aus Windbeanspruchung senkrecht zur Wand. Die Grundlagen für die Bemessung im Brandfall werden in Kapitel 2.1.4 beschrieben. In Abhängigkeit der Windlasten je nach Bezugshöhe des Gebäudes gemäß DIN EN 1991-1-4:2010-12 sowie DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 lässt sich anhand der Gleichungen für den Biege- bzw. Schubnachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit der erforderliche Querschnitt des Ständers gemäß DIN EN 1995-1-1:2010-12 ermitteln (vgl. Endbericht, Kapitel 2.2.4).

Zusammengefasst lassen sich in Tab. 2-2 die erforderlichen Querschnittswerte für die Holz-Außenwände in Kapitel 3 festhalten.

Tab. 2-2 Empfohlene Ständerquerschnitte je Windzone, Bezugshöhe, Gebäudeklasse und Ständerlänge (Eigene

Windzone	Bezugshöhe	Gebäudeklasse	Erforderlicher Querschnitt der Ständer	Erforderlicher Querschnitt der Ständer
			$h_1 = 3 \text{ m}$	$h_2 = 4 \text{ m}$
WZ 1	$z \leq 24 \text{ m}$	GK 5	60 x 120 mm <sup>2</sup>	60 x 120 mm <sup>2</sup>
WZ 2	$z \leq 24 \text{ m}$	GK 5		60 x 140 mm <sup>2</sup>
WZ 3	$z \leq 24 \text{ m}$	GK 5		60 x 120 mm <sup>2</sup>
	$z \leq 20 \text{ m}$	GK 5		60 x 140 mm <sup>2</sup>
WZ 4	$z \leq 24 \text{ m}$	GK 5		60 x 120 mm <sup>2</sup>
	$z \leq 11 \text{ m}$	GK 4		60 x 140 mm <sup>2</sup>

<sup>2</sup>Anmerkung: Diese Orientierungswerte ersetzen nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.

- Küstennahe Gebiete sowie Inseln der Ostsee
- Bezugshöhe:  $z \leq 24 \text{ m}$
- Regelbereich D (gem. DIN EN 1991-1-4:2010-12), keine Sogspitzen  $c_p = 0,8$
- Ständer: Mindestquerschnitt  $b/h = 60 \text{ mm}/120 \text{ mm}$ , Festigkeitsklasse C24,  $e = 0,833 \text{ m}$

- Fassadenelementhöhe:  $h_1 = 3,0$  bzw.  $h_2 = 4,0 \text{ m}$

Im Falle einer vorgestellten Anschlussvariante der nichttragenden Außenwand, deren Eigenlast über die einzelnen Fassadenelemente/Geschosse nach unten abgeleitet wird, dominiert in Abhängigkeit der Bezugshöhe  $z$  der Tragfähigkeitsnachweis des Querdrucks zwischen Ständer und Schwelle im unteren ersten Fassadenelement. Insbesondere für untere Geschosse kann hierbei der Nachweis des Querdrucks gemäß DIN EN 1995-1-1:2010-12 im Vergleich zur Bemessung des Windabtrags maßgebend werden (vgl. Endbericht, Kapitel 2.2.4).

### 2.1.3 Stahlbeton- und Spannbetontragwerk

Die Berechnungsgrundlagen, Vorgaben zur Bauteilbemessung sowie Entwurf und Konstruktion bei Stahlbetonbauteilen ist gemäß DIN EN 1992-1-1:2011-01 durchzuführen. Darin sind wesentliche Bestandteile das Nachweisformat GZT zur Gewährleistung der Standsicherheit und das Nachweisformat GZG zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit. In DIN EN 1992-1-1:2011-01, Abschnitt 7.4.3 ist ein Verfahren gegeben, mit welchem man die Verformungen eines Stahlbetontragwerks mittels direkter Berechnung ermitteln kann. Zur Vorplanung wurden Verformungsberechnungen mit einem baustatischen Softwareprogramm (Sofistik 2014) durchgeführt und anhand von Versuchen verifiziert (vgl. Endbericht, Kapitel 5.1.1). Diese dienen zur Vorabschätzung mit welchen Verformungen aus der Stahlbetonstruktur zu rechnen sind.

Folgende Systemparameter wurden als konstant angenommen:

- Baustoffe: Beton C25/30, Zement CEM 32,5N (S), Betonstahl B 500
- Dauerhaftigkeit, Kriechen und Schwinden: Expositionsklasse XC1,  $c_{\text{nom}} = 2,5 \text{ cm}$ ,  $\text{RH} = 50\%$ , Belastungsbeginn  $t_0 = 28 \text{ d}$
- Ständige Lasten:
 
$$g_{\text{Decke}} = h_{\text{Decke}} \cdot 25 \text{ kN/m}^3, \quad (\text{Gl. 2-1})$$

$$g_{\text{Ausbau}} = 2,00 \text{ kN/m}^2,$$

$$g_{\text{Fassade}} = h_{\text{Fassade}} \cdot 2,00 \text{ kN/m} \quad (\text{Gl. 2-2})$$

Folgende Parameter wurden variiert:

- System: Durchlaufsystem mit freiem Deckenrand und Randunterzug
- Nutzlast 1:  $p_k = 1,50 \text{ kN/m}^2 + 0,80 \text{ kN/m}^2$ , Kategorie A inklusive Trennwandzuschlag (gemäß DIN EN 1991-1-1:2010-12)
- Nutzlast 2:  $p_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$ , Kategorie B (gemäß DIN EN 1991-1-1:2010-12)
- Feldweiten:  $l_{\text{eff}} = 4,0 \text{ m}; 5,0 \text{ m}; 6,0 \text{ m}; 7,0 \text{ m}$  und  $8,0 \text{ m}$

- Plattendicke:  $h = 0,20 \text{ m}$ ;  $0,25 \text{ m}$  und  $0,30 \text{ m}$
- Randunterzug: Höhe des Randunterzugs  $h_{UZ} = 2 \cdot h_{Decke}$ ; Breite des Randunterzugs  $b_{UZ} = h_{Decke}$ ; mitwirkende Plattenbreite  $b_{eff} = l_{eff}/6$

Insgesamt wurden 80 Berechnungen zur Ermittlung der Verformungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind

mit den Grenzfunktionen für die zulässige Verformung von  $l/250$  und  $l/500$  in den folgenden Abbildungen angegeben.

Weitere Laststellungen, das statische System des Durchlaufsystems sowie Berechnungen zu Spannbetonhohlblechen sind dem Kapitel 5.1.1 des Endberichts zu entnehmen.

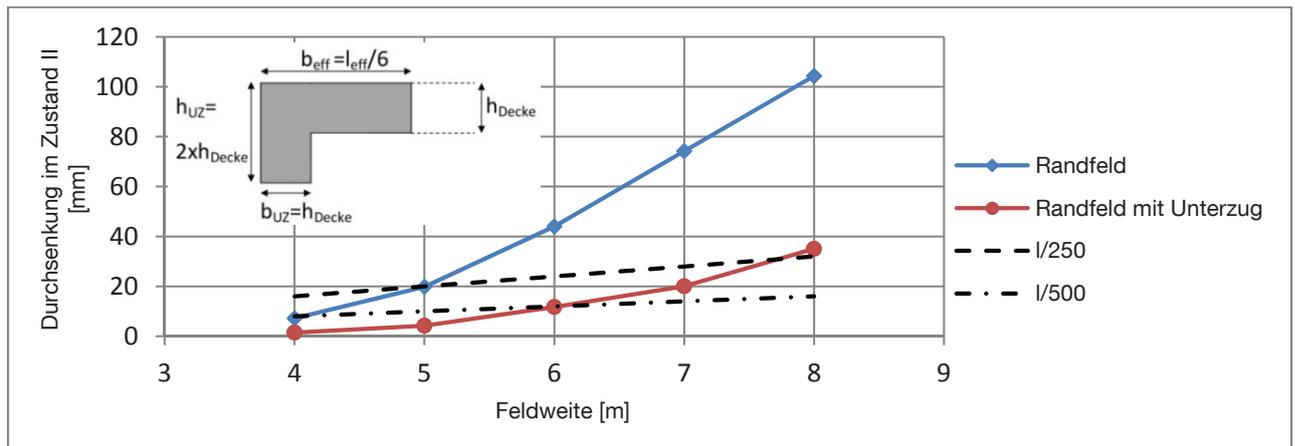


Abb. 2-4 Durchsenkung des Randfeldes bei  $h_{Decke} = 0,20 \text{ m}$  und  $p = 2,30 \text{ kN/m}^2$  (Eigene Darstellung)

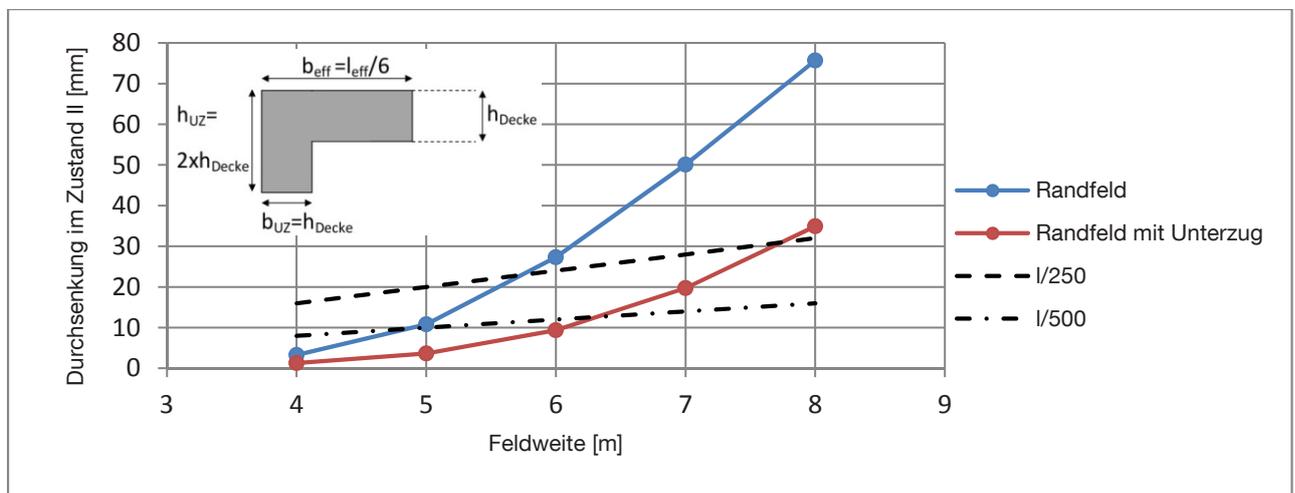


Abb. 2-5 Durchsenkung des Randfeldes bei  $h_{Decke} = 0,25 \text{ m}$  und  $p = 5,0 \text{ kN/m}^2$  (Eigene Darstellung)

## 2.1.4 Brandschutzbemessung

### 2.1.4.1 Brandschutzbemessung Holzrahmenbauelemente

Für die Wandelemente kann die Tragfähigkeit (Kriterium R) und die raumabschließende Funktion (Kriterium EI) nach DIN EN 1995-1-2:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang DIN EN 1995-1-2/NA:2010-12 bemessen werden. Die darin enthaltenen Rechenverfahren (Kriterium R in DIN EN 1995-1-2:2010-12, Anhang C und Kriterium EI in Anhang E) sind auf eine Feuerwiderstandsdauer  $\leq 60$  Minuten

sowie bestimmte Material- und Schichtaufbauten begrenzt.

Nachfolgend wird nur die raumabschließende Funktion (Kriterium EI) bestimmt, um einen Eindruck über den Temperaturdurchgang bzw. die Brandschädigung des Holzrahmenbauteils (Kernelement) zu erhalten. Der Temperaturdurchgang wird bei der brandschutztechnischen Bewertung der Anschlussdetails berücksichtigt. Der Tragfähigkeitsnachweis unter Brandeinwirkung entfällt, da es sich um nichttragende Fassadenelemente handelt.

Die Regeln gelten für geschlossene Holzrahmenbauelemente mit maximal zweilagigen Bekleidungen aus



Holzwerkstoffen nach DIN EN 13986:2015-06 und Gipswerkstoffen des Typs A, H und F nach DIN EN 520:2009-12. Als Dämmstoffe können werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (Stein- und Glaswolle) nach (DIN EN 13162:2015-04) eingesetzt werden. Für andere Materialien sind die Charakterisierungsdaten  $t_{ch}$ ,  $\beta$ ,  $t_r$ ,  $d_{char}$  und  $t_{test}$  nach dem Prüfverfahren in E DIN EN 13381-7:2014-12 zu ermitteln. Um das Verfahren für die raumabschließende Funktion zu erweitern, wurde ein modifiziertes Verfahren entwickelt (Schleifer, 2009). Dieses soll in die neue Fassung der DIN EN 1995-1-2 integriert werden. Beide Berechnungsmethoden sind additive Verfahren, in denen der Ausfall einzelner Schichten über Temperaturkriterien gesteuert wird. Es wird zwischen Wärmedämmwirkung  $t_{ins}$  der einzelnen Schichten des Bauteils und der Schutzzeit  $t_{ch}$  der Brandschutzbekleidung unterschieden. Für raumabschließende Bauteile soll nachgewiesen werden, dass:

$$t_{ins} \leq t_{req} \quad (Gl. 2-3)$$

mit:

$t_{ins}$ : Zeit bis zum Erreichen der Temperaturerhöhung  $\Delta t_{MW} \leq 140 \text{ K}$  und  $\Delta t_{EW} \leq 180 \text{ K}$  auf der feuerabgewandten Seiten [Min]

$t_{req}$ : erforderliche Feuerwiderstandsdauer für die raumabschließende Funktion der Konstruktion [Min]

EW - Einzelwert, MW - Mittelwert

Gemäß § 28 MBO wird für nichttragende Außenwände eine Feuerwiderstandsdauer  $t_{req} \geq 30$  Minuten in den Gebäudeklasse 3 bis 5 gefordert.

Der Wert  $t_{ins}$  darf als Summe der Beiträge der in der Konstruktion verwendeten einzelnen Lagen berechnet werden:

$$t_{ins} = t_{ins,0,i} k_{pos} k_j \quad (Gl. 2-4)$$

mit:

$t_{ins,0,i}$ : Grundwert der Wärmedämmung der Lage „i“ [Min]

$k_{pos}$ : Positionswert [-]

$k_j$ : Fugenbeiwert [-]

Der brandschutztechnische Nachweis erfolgt nur für die Kernwand (vgl. Abb. 2-6) unter Berücksichtigung der Leistungskriterien EI. Die brandschutztechnischen Bauteilanforderungen für nichttragende Wände (Tab. 2-10, Seite 25) sind damit abgedeckt. In der Rechnung wird nur der Wärmedurchgangsweg a berücksichtigt. Der Wärmedurchgangsweg b kann über den Fugenbeiwert  $k_j$  in die Rechnung einbezogen werden. Werden die Fugen mit Latten oder

Bekleidungstreifen gleicher Dicke hinterlegt, kann der Fugenbeiwert  $k_j = 1$  gesetzt werden.

Die Wärmedurchgangswege c und d gehen in die Rechnung ein, wenn in der inneren oder äußeren Bekleidung Installationsöffnungen enthalten sind. Der Wärmeübergangsweg c entfällt, wenn eine Installationsebene zur Anwendung kommt. Der Wärmedurchgangsweg d entfällt, wenn Öffnungen in der äußeren Bekleidungs Lage, u.a. im Bereich von Außenbeleuchtungen oder elektrisch gesteuerten Rollläden bzw. Jalousien durch Einhausung mit derselben Bekleidung entsprechender Dicke versehen werden.

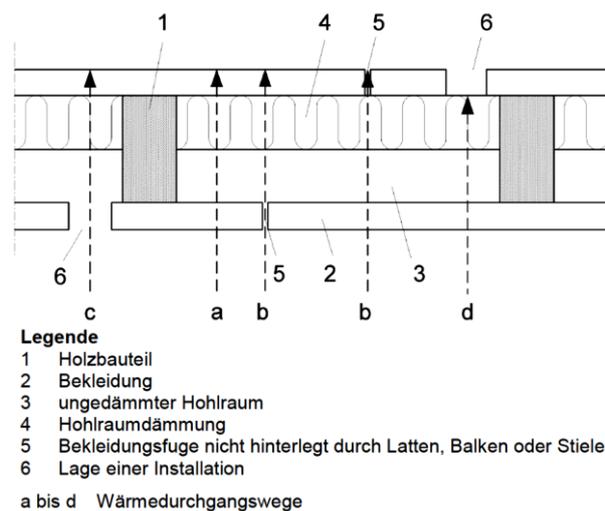


Abb. 2-6 Darstellung der Wärmeübertragungswege durch eine raumabschließende Konstruktion (DIN EN 1995-1-2, 2010)

Aufbau nichttragende Wand:

- 15 mm OSB nach (DIN EN 13986:2005-03)
- 200 mm Mineralfaserdämmung nach (DIN EN 13162:2015-04)
- 16 mm MDF nach (DIN EN 13986:2005-03)
- Glaswolle 15 kg/m<sup>3</sup>  
=>  $t_{ins} = 47,3 \text{ Min}$
- Steinwolle 26 kg/m<sup>2</sup>  
=>  $t_{ins} \geq 60 \text{ Min}$

Wird die Kernwand mit einer Dämmdicke  $d = 200 \text{ mm}$  ausgeführt (vgl. Bauteilaufbauten in Kapitel 3), werden folgende Klassifizierungen erreicht:

- EI 30 mit Glasfaserdämmung ( $\rho = 15 \text{ kg/m}^3$ )
- EI 60 mit Steinwolle ( $\rho = 26 \text{ kg/m}^3$ )

Für Gefachdämmstoffe aus Holzfasern oder Zellulose müssen zum Nachweis der Feuerwiderstandsfähigkeit als Verwendbarkeitsnachweise u.a. allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse vorliegen.

### 2.1.4.2 Brandschutzbemessung Stahlbetonelemente

Die Bemessung kann nach DIN EN 1992-1-2:2010-10 in Verbindung mit dem nationalen Anhang DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12 durchgeführt werden. Neben den vereinfachten Berechnungsverfahren sind tabellarische Daten zu den Mindestmaßen und Mindestachsabständen der Bauteile unter Normbrandbeanspruchung enthalten (vgl. Tab. 2-3). Die Tabellenwerte gelten für Normalbeton von 2000 bis 2600 kg/m<sup>3</sup> nach DIN EN 206:2014-07 mit quarzhaltigen und kalksteinhaltigen Zuschlägen. Bei Verwendung der Mindestwerte müssen keine weiteren Nachweise zur Schub- und Torsionsbeanspruchung sowie Verankerung der Bewehrung geführt werden. Nach DIN EN 1992-1-2:2010-12, Kapitel 4.5 sind explosive Betonabplatzungen unwahrscheinlich, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Betons in den Beanspruchungsklassen X0 und XC 1 nach DIN EN 1991-1-1:2010-12 Werte  $2,5 < k \leq 3,0$  annimmt. Wird der Achsabstand der Bewehrung  $a \geq 70$  mm ausgeführt, sollte eine Oberflächenbewehrung nach DIN EN 1992-1-2:2010-12, Kapitel 4.5.2 (2) angeordnet werden.

tigen und kalksteinhaltigen Zuschlägen. Bei Verwendung der Mindestwerte müssen keine weiteren Nachweise zur Schub- und Torsionsbeanspruchung sowie Verankerung der Bewehrung geführt werden. Nach DIN EN 1992-1-2:2010-12, Kapitel 4.5 sind explosive Betonabplatzungen unwahrscheinlich, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Betons in den Beanspruchungsklassen X0 und XC 1 nach DIN EN 1991-1-1:2010-12 Werte  $2,5 < k \leq 3,0$  annimmt. Wird der Achsabstand der Bewehrung  $a \geq 70$  mm ausgeführt, sollte eine Oberflächenbewehrung nach DIN EN 1992-1-2:2010-12, Kapitel 4.5.2 (2) angeordnet werden.

Tab. 2-3 Mindestmaße und -achsabstände für statisch bestimmt gelagerte, einachsig und zweiachsig gespannte Stahlbeton- und Spannbetonplatten nach (DIN 1992-1-2, 2010, Tab. 5.8)

Feuerwiderstandsklasse REI	Mindestabmessungen [mm]			
	Plattendicke $h_s$ [mm]	Achsabstand $a$ [mm]		
		einachsig	zweiachsig	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
30	60	10*	10*	10*
60	80	20	10*	15*
90	100	30	15*	20

Bemerkungen:  
 $l_x, l_y$  – Spannweiten einer zweiachsig gespannten Platte, wobei  $l_y$  die längere Spannweite ist  
 $a$  – Achsabstand, kleinster Abstand des Betonstahls oder Spannstahls von der brandbeanspruchten Bauteiloberfläche  
 \* Normalerweise reicht die nach DIN EN 1992-1-1:2010-12 erforderliche Betondeckung aus.  
 Bei Spannbetonplatten muss der Achsabstand gegebenenfalls nach Abs. 5.2 (5) DIN EN 1992-1-2:2010-12 vergrößert werden.

### 2.1.5 Schnittstellen und Verbindungsmittel

Die Fassadenelemente werden meist über Stahlwinkel mittels Dübel bzw. Schwerlastanker an der massiven Tragstruktur sowie mit Holzschrauben in der Ständerkonstruktion befestigt. Abb. 2-7 zeigt ein Schnittdetail, welches das Stahlprofil qualitativ darstellt. Abb. 2-8 gibt ein vereinfachtes statisches Modell an. Die Anschlussdetails in Kapitel 4 und 5 wurden nach diesen Grundlagen bemessen. Für das Stahlprofil oder den Stahlwinkel sind die maßgebenden Schnitt- und Auflagerkräfte zu ermitteln. Anhand der Schnittgrößen erfolgen die

Stahlbaunachweise in Anlehnung an DIN EN 1993-1-1:2010-12. Auf Grundlage der ermittelten Lagerreaktionen erfolgt die Bemessung der Dübel sowie der Holzschrauben, wobei die jeweilige bauaufsichtliche Zulassung (Z-9.1-...) bzw. entsprechende European Technical Assessment (ETA-...) die Bemessungsgrundlage sind. Im Enderbericht sind unter Kapitel 5.1.2 für einen Spreizdübel herstellerbezogene Interaktionsdiagramme für Beton- und Stahlversagen dargestellt. Zusätzlich wird für die Verbindung des Stahlwinkels mit dem HRB-Element bei den Holzschrauben auf die DIN EN 1995-1-1:2010-12 verwiesen.

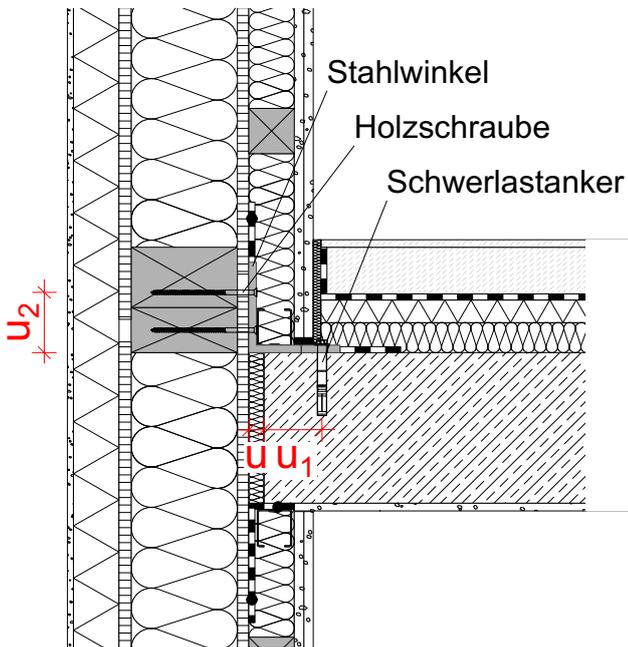


Abb. 2-7 Schnittskizze eines Geschossdeckenstoßes inklusive der Verbindungsmittel (Eigene Darstellung)

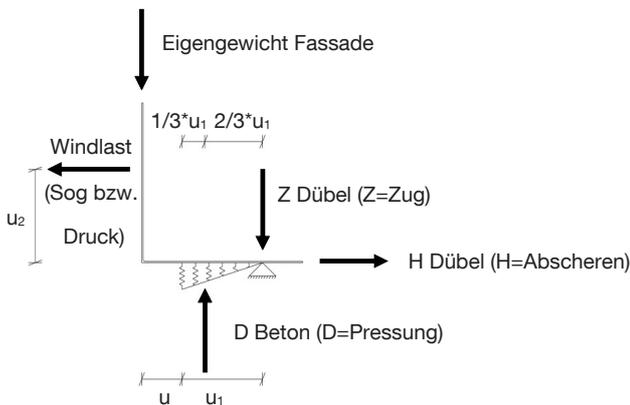


Abb. 2-8 Statisches System des Geschossdeckenstoßes (Eigene Darstellung)

Bei der vorgestellten Variante wird das Fassadeneigengewicht in der quasi-ständigen Bemessungssituation mittels Kontaktpressung durch die einzelnen Elemente in die Gründung abgeleitet.

Dennoch sind die Verbindungsmittel sowohl für eine horizontale (Windlast) als auch für eine vertikale Belastung (Eigenlast Fassade) zu bemessen. Die Horizontallasten sind komplett in Ansatz zu bringen, wohingegen bei den vertikalen Lasten gesonderte Überlegungen notwendig sind.

Trotz der angestrebten vertikalen Verschieblichkeit der Auflager entstehen über Reibungswiderstände vertikale Lagerreaktionen. Belastungsversuche zur Bestimmung der Verschiebesteifigkeiten an Wand-Deckenverbindungselementen, welche am MPA Bau der TU München von Merk durchgeführt wurden, bestätigen dies.

Dabei wurden Langlochverbindungen mit Gleiteinlagen (Teflon), Trennschichten zur Schallentkopplung (Sylomer) sowie die Anordnungen ohne den genannten Bestandteilen untersucht.

Grundsätzlich sind zwei Lastpfade denkbar. Zum einen kann die Fassade das Stahlbetontragwerk belasten. Zum anderen können Lasten vom Stahlbetontragwerk in die Holzfassade abgeleitet werden. Dabei ist in Abhängig vom statischen System eine geeignete Lasteinflussbreite zu wählen. Da jedoch der erste Lastpfad der wahrscheinlichere ist, wird dieser im folgenden weiter untersucht. Um diese mögliche Lastübertragung von Fassade in das Stahlbetontragwerk zu berücksichtigen, wurde ein Streichlastfaktor eingeführt. Dieser beschreibt den Anteil der Fassadenlast, welcher rechnerisch beim Verbindungsmittelnachweis zu berücksichtigen ist. Für die quasi-ständige Bemessungssituation (Kaltbemessung) wird  $s_r = 0,5$  gewählt. Für den außergewöhnlichen Brandlastfall wird der Streichlastfaktor zu  $s_r = 1,0$  gesetzt, da aufgrund des Brandes ein tragendes Fassadenelement ausfallen könnte und die vertikale Lastdurchleitung nicht mehr gewährleistet werden kann.

Die Bemessung der Verbindungsmittel erfolgte unter Zugrundelegung der Teilsicherheitsbeiwerte in Tab. 2-4.

Tab. 2-4 Übersicht von Teilsicherheitsbeiwerten und Lastfaktoren bei der Bemessung von Verbindungsmitteln bei Fassadenelementen unter Windbeanspruchung gemäß (DIN EN 1990/NA, 2010, DIN EN 1993-1-1, 2010 und DIN EN 1995-1-1, 2010)

Bemessungssituation	Normalbeanspruchung (quasi-ständig)	Brandbeanspruchung (Außergewöhnlich)
Teilsicherheitsbeiwerte	$\gamma_g = 1,35; \gamma_q = 1,50$ $\psi_0 = 0,60$	$\gamma_g = 1,00; \gamma_q = 1,00;$ $\psi_1 = 0,20; \psi_2 = 0,00$
Streichlastfaktor	$s_r = 0,5$	$s_r = 1,0$

Abb. 2-11 zeigt die statischen Systeme, für die die Verbindungsmittel zu bemessen sind. Für den Brandfall wurden in einer Beispielrechnung verschiedene Systeme untersucht und die Ergebnisse grafisch ausgewertet (vgl. Abb. 2-9 und Abb. 2-10).

Folgende Werte wurden angenommen:

- Windzone 2, küstennahe Gebiete sowie Inseln der Ostsee
- Bezugshöhe des betrachteten Fassadenelements:  $z = 22 \text{ m}; g(z) = 1,11 \text{ kN/m}^2$
- Regelbereich D (gem. DIN EN 1991-1-4:2010-12), keine Sogspitzen  $c_p = 0,8$

- Verbindungsmittel als Flachstahl S235 mit  $b_{F1} = 100 \text{ mm}$ ,  $t_{F1} = 12 \text{ mm}$
- Fassadenelementhöhe:  $h_1 = 4,0 \text{ m}$
- Fassadeneigengewicht:  $g_k = 1,20 \text{ kN/m}^2$
- Auskragung des Fassadenelements:  $u = 2,0 \text{ cm}$ ;  $3,0 \text{ cm}$ ;  $4,0 \text{ cm}$  bzw.  $5,0 \text{ cm}$

- Abstand der Verbindungsmittel Fassade/Stahlbeton  $v = 2,3 \text{ m}$ ;  $2,0 \text{ m}$ ;  $1,75 \text{ m}$  bzw.  $1,55 \text{ m}$
- Dübelabstand zum Deckenrand:  $u_1 = 10,0 \text{ cm}$
- Abstand Holzschraube zu Oberkante Stahlbetondecke:  $u_2 = 5,0 \text{ cm}$

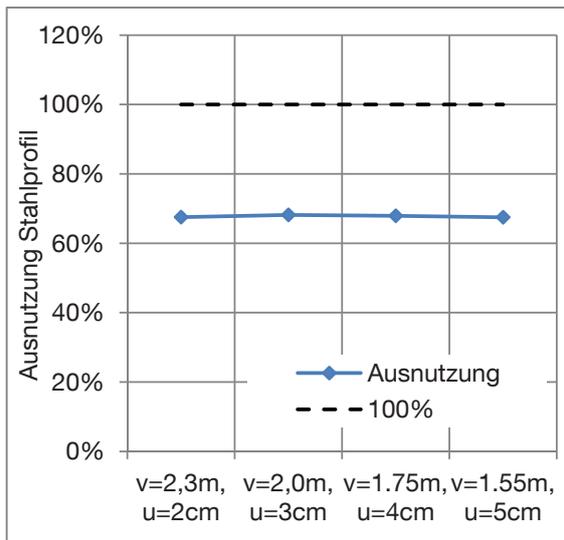


Abb. 2-9 Ausnutzung des geschützten Stahlprofils für die außergewöhnliche Bemessungssituation im Brandfall (Eigene Darstellung)

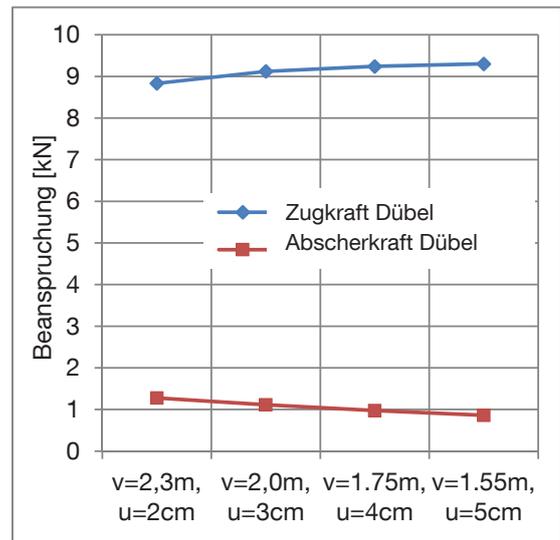


Abb. 2-10 Dübelkräfte bei Brandbeanspruchung (Eigene Darstellung)

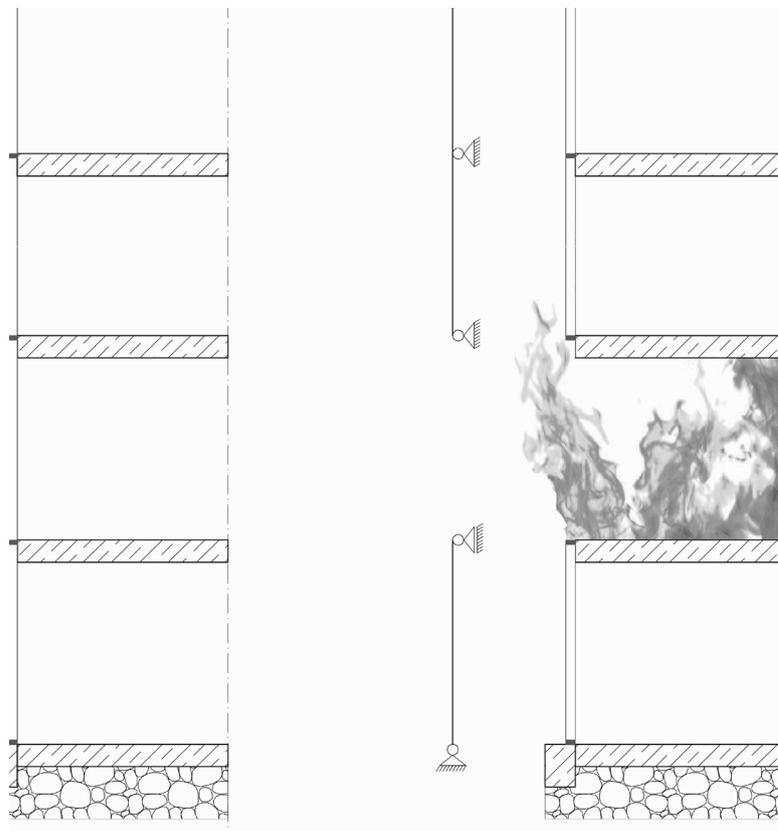


Abb. 2-11 Statische Systeme der quasi-ständigen Bemessungssituation und der außergewöhnlichen Bemessungssituation im Brandfall (Eigene Darstellung)



## 2.2 Bauphysikalische Kennwerte und Anforderungen

### 2.2.1 Wärme- und Feuchteschutz

#### 2.2.1.1 Allgemein

Der Wärmeschutz und die Energie-Einsparung in Gebäuden wird über die Normenreihe der DIN 4108 geregelt. In der DIN 4108-2:2013-02 werden der Mindestwärmeschutz im Winter – über die Wärmedämmung und Wärmebrücken in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche – und der Hitzeschutz im Sommer sowie die Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen definiert. Der energetische Standard in Deutschland ist ferner über die Energieeinsparverordnung (derzeit EnEV 2014) definiert. Die hier vorgestellten Bauteilaufbauten erfüllen in der Regel den Dämmstandard für Niedrigstenergiegebäude.

Anschließend werden die für den Konstruktionskatalog erforderlichen Berechnungsgrundlagen übersichtlich vorgestellt. Weiterführende Angaben zum Wärme- und Feuchteschutz sowie zur Energieeffizienz können dem Endbericht, Kapitel 2.4 und 2.5 entnommen werden.

#### 2.2.1.2 U-Wert

Der Transmissionswärmeverlust über die Gebäudehülle wird über die bauteilspezifischen U-Werte [W/m<sup>2</sup>K] und Wärmebrücken [W/mK] bilanziert. Der U-Wert eines Bauteils errechnet sich nach:

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (\text{Gl. 2-5})$$

mit  $R_T = R_{si} + R + R_{se}$   
(homogene Schichten)

mit  $R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right]$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \text{ und}$$

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

mit:

- $R_T$ : Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils als Summe aus den Wärmedurchgangswiderständen  $R_i$  der einzelnen Bauteilschichten  $i$  und den Wärmeübergangswiderständen nach innen  $R_{si}$  und außen  $R_{se}$  in m<sup>2</sup>K/W
- $d$ : Schichtdicke in m
- $\lambda$ : Wärmeleitfähigkeit der Schicht in W/mK
- $\Delta U_g$ : Korrekturwert bei Luftspalten im Bauteil in W/m<sup>2</sup>K

- $\Delta U_f$ : Korrekturwert bei Dämmschichten durchdringenden Befestigungselementen in W/m<sup>2</sup>K
- $\Delta U_r$ : Korrekturwert bei Niederschlag auf Umkehrdächer in W/m<sup>2</sup>K

#### 2.2.1.3 Außenmaßbezogener Wärmebrückenkoeffizient

Die zweidimensionalen, längenbezogenen Wärmebrücken wurden in diesem Projekt mit der Open Source Software THERM 7.3 des Lawrence Berkeley National Laboratory und Excel-Datenblättern (Kehl & Borsch-Laaks, 2013) berechnet.

Bei der Wärmebrückenberechnung in Verbindung mit Holzbauteilen in THERM bezieht man sich auf sicherer Seite liegend lediglich auf den U-Wert des Gefachs. Die KVH-Ständer, welche im Regelraster liegen, werden also in THERM nicht eingegeben. Bei der anschließenden Berechnung des Wärmebrückenkoeffizienten werden diese über den gemittelten U-Wert berücksichtigt. Im Isothermenverlauf werden die Konstruktionshölzer dargestellt. Hierfür gilt folgende Farbskala.

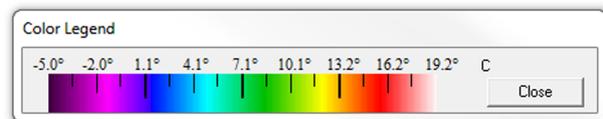


Abb. 2-12 Farbskala für den Isothermenverlauf (THERM 7.3)

Der außenmaßbezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\psi_e$  wird auf Basis der DIN EN ISO 10211:2008-04, DIN EN ISO 13370:2008-04 und DIN EN ISO 13789:2008-04 ermittelt. Für den EnEV-Nachweis wird der spezifische Wärmebrückenzuschlag  $U_{WB}$  verwendet.

$$\psi_e = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (\text{Gl. 2-6})$$

$$\Delta U_{WB} = \frac{F \cdot \psi \cdot l}{A} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (\text{Gl. 2-7})$$

mit:

- $L_{2D}$ : thermischer Leitwert aus einer 2-D-Berechnung des die beiden betrachteten Räume trennenden Bauteils in [W/mK]
- $U_j$ : Wärmedurchgangskoeffizient des die beiden betrachteten Räume trennenden 1-D Bauteils  $j$  in W/m<sup>2</sup>K
- $L_j$ : Länge, für die der Wert  $U_j$  gilt
- $F$  [-]: Temperaturfaktor, allg.
- $A$  [m<sup>2</sup>]: Bauteilfläche
- $\psi$  [W/mK]: Längenbezogener Wärmebrückenkoeffizient

- $l$  [m]: Länge der Wärmebrücke

Die Randbedingungen der Anschlussdetails – wie z.B. die Maßbezüge – sind in der DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 definiert.

Die für die Berechnung zu Grunde gelegten Materialdaten können Tab. 2-14 entnommen werden, die Randbedingungen Tab. 2-15.

### 2.2.1.4 Temperaturfaktor

Der Nachweis der Schimmelpilzfreiheit erfolgt nach DIN 4108-2:2013-02 durch den Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  (Gl. 2-6) und wird parallel zur Ermittlung der Wärmebrückenberechnung durchgeführt. Die Randbedingungen zur Berechnung der Anschlussdetails können der DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 entnommen werden. Voraussetzung für diese Angaben sind eine Außentemperatur von  $-5^{\circ}\text{C}$ , eine Innentemperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  sowie eine relative Luftfeuchte von 50%. Fenster sind davon ausgenommen. Der Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  errechnet sich zu:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\theta_i - \theta_e} [-] \quad (\text{Gl. 2-8})$$

mit:

- $\Theta_{si}$ : Innere Oberflächentemperatur
- $\Theta_{se}$ : Äußere Oberflächentemperatur
- $\Theta_i$ : Raumtemperatur
- $\Theta_e$ : Außentemperatur

Die DIN 4108-2:2013-02 gibt vor, dass die innere Oberflächentemperatur des Bauteils mindestens  $12,6^{\circ}\text{C}$  betragen muss, damit die Gefahr der Schimmelpilzbildung gebannt ist und der Nutzer vor Krankheiten sowie die Bausubstanz vor Schäden geschützt sind. Dies entspricht einem Temperaturfaktor  $f_{Rsi} \geq 0,70$  und einer maximalen relativen Oberflächenfeuchte von 80%.

### 2.2.1.5 Tauwasserausfall

Die Bauteile wurden unter Zugrundelegung des vereinfachten Nachweises nach DIN 4108-3:2014-11, Anhang A2 hinsichtlich eines Tauwasserausfalls überprüft (stationäres Verhalten). Hierbei ist die Kenntnis über die Wasserdampfdiffusionswiderstandzahl  $\mu$  [-] der einzelnen Bauteilschichten erforderlich, um die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $s_d$  [-] ermitteln zu können. Die Ergebnisse aus den Berechnungen

sind in den Kapiteln 3, 4 und 5 nicht aufgeführt. Es wurden Aufbauten verwendet bei denen der Nachweis eingehalten ist.

## 2.2.2 Luft- und Winddichtheit

Die Anforderungen an die Einhaltung der Luftdichtheit von Gebäuden wird in der DIN 4108-7:2011-01 definiert. Sie ist Grundlage für die Ausführung der Anschlussdetails in Kapitel 4 und 5. Dabei werden die Abdichtungen von Überlappungen, Durchdringungen und Stößen mittels Klebebändern, Klebmassen oder Fugenfüller berücksichtigt.

Anforderungen an die Abdichtung von Außenwandfugen mit Fugendichtstoffen können der DIN 18540:2014-09 entnommen werden. Materialien, welche für das Verspachteln von Gipsplattenfugen verwendet werden können, werden in der DIN EN 13963:2014-09 definiert.

Die Art des Abdichtungsmaterials je Anschlussdetails findet man unter der Angabe der „verwendeten Bauteile“.

Ferner werden die Anforderungen an die Luftdichtheit grundsätzlich in der EnEV geregelt. Eine Überprüfung der Luftdichtheit wird nach EnEV 2014 für Gebäude ohne raumlufttechnische Anlagen zwar nicht zwingend vorgeschrieben, jedoch hinsichtlich der Qualitätskontrolle empfohlen. (Jungmann & Lambrecht, 2014, S.16)

Die nach DIN 1045-2:2008-08 hergestellten Betonbauteile gelten als luftdicht. (DIN 4108-7, 2011, S.17) Bei den hier vorgestellten Außenwänden in Holzbauweise übernimmt die innere Bekleidung des Kernelements (OSB-Platte) gleichzeitig die Funktion der Luftdichtheit.

Luft- und Winddichtheitsschicht sind voneinander entkoppelt. Die Winddichtheitsschicht wird hier durch geschlossene Fassadensysteme bzw. die äußere Bekleidung des Kernelements realisiert und soll die Hinterströmung der Dämmebene durch Außenluft vermeiden. Ferner werden zur Herstellung der Winddichtheit Holzweichfaserplatten, Bitumenabdichtungen oder Unterspannbahnen verwendet. Weitere konstruktionsbedingte Leckagen, welche im Hybridbau zu vermeiden sind, werden im Endbericht, Kapitel 2.6.3 beschrieben.

Nachfolgend werden die für den Konstruktionskatalog relevanten Abdichtungsdetails der DIN 4108-7:2011-01 vorgestellt:

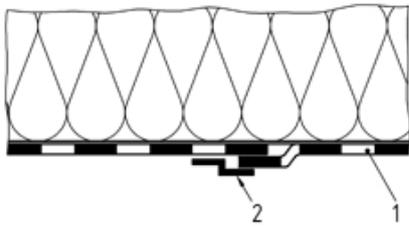


Abb. 2-13 Ausbildung von Überlappungen mit einseitigem Klebeband (DIN 4108-7, 2011, Bild 6)

Der Stoß der Luftdichtheitsbahn (1) wird mit einseitigem Klebeband (2) abgedichtet.

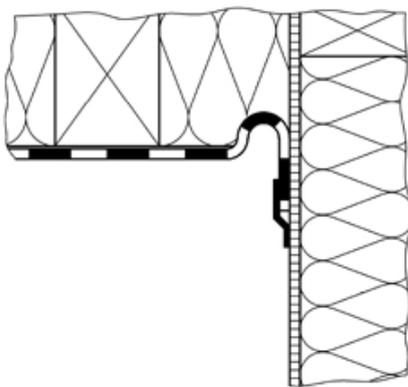


Abb. 2-14 Anschluss der Luftdichtheitsbahn an eine Außenwand in Holzbauweise mit einseitigem Klebeband (DIN 4108-7, 2011, Bild 12)

Abb. 2-14 ist Grundlage für die Ausführung der Abdichtung beim Organganschluss in Kapitel 4.

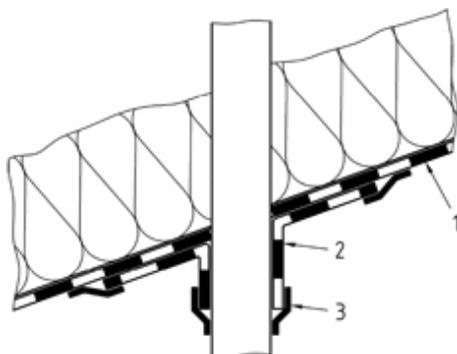


Abb. 2-15 Anschluss einer Luftdichtheitsbahn an eine Durchdringung unter Einsatz einer vorkonfektionierten Manchette oder eines Formteils (DIN 4108-7, 2011, Bild 17)

Abb. 2-15 stellt die Anforderung zur Herstellung der Winddichtheit des Balkonanschlusses dar. Dies soll

mit Hilfe einer vorkonfektionierten Manchette (2) und eines einseitigen Klebebandes (3) nachträglich hergestellt werden.

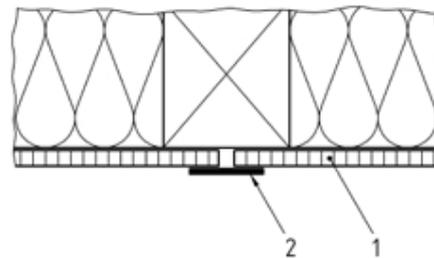


Abb. 2-16 Abdichtung von Plattenstößen mit einseitigem Klebeband (DIN 4108-7, 2011, Bild 18)

Plattenstöße von OSB-Platten (1) werden nach Abb. 2-16 mit Hilfe eines einseitigen Klebebandes abgedichtet (2).

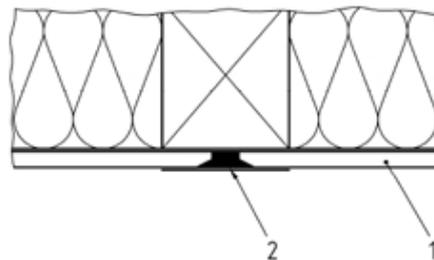


Abb. 2-17 Abdichtung von Gipsplattenstößen mit Spachtelsystemen (DIN 4108-7, 2011, Bild 20)

Wird die Luftdichtheitsschicht mit Gipsplatten (1) hergestellt, ist Fugenspachtel (2) nach DIN EN 13963:2014-09 mit oder ohne Fugendekkenstreifen -in Abhängigkeit des Spachtelsystems- zu verwenden.

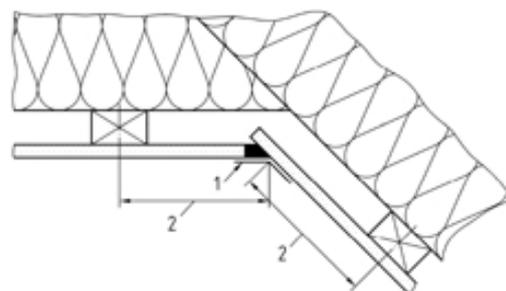


Abb. 2-18 Abdichtung von Gipsplattenstößen im Eckbereich mit Fugenspachtel (DIN 4108-7, 2011, Bild 21)

Bei über Eck geführten Anschlüssen (vgl. Abb. 2-18) können Gipsplattenstöße mit Hilfe eines Fugenspachtels und Papierfugendekkenstreifen (1) nach DIN EN 13963:2014-09 abgedichtet werden.

Dabei sind die Herstellerangaben zu den Randabständen der Plattenbefestigung (2) zu beachten.

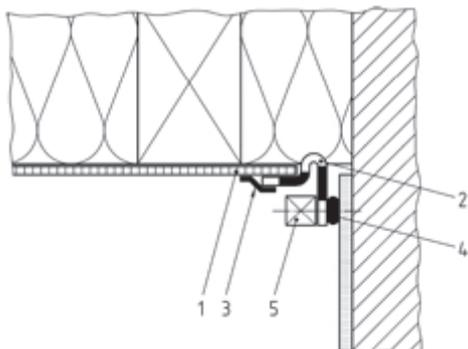


Abb. 2-19 Luftdichter Anschluss einer Außenwand in Holzbauweise an eine massive Trennwand (DIN 4108-7, 2011, Bild 22)

Der luftdichte Anschluss einer Holzrahmenbauwand an eine massive Trennwand wird durch einen Streifen Luftdichtheitsbahn (2) hergestellt (vgl. Abb. 2-19). Diese wird zum einen an der OSB-Platte (1) durch ein Klebeband (3) befestigt und zum anderen an der massiven Trennwand durch ein vorkomprimiertes Dichtband (4) und eine mechanischen Sicherung (5). Beim Sockelanschluss (Abb. 2-20) wird die Luftdichtheitsbahn ebenfalls mittels eines Klebebandes an der OSB-Platte befestigt und an der Stb.-Bodenplatte mit Hilfe einer Klebemasse.

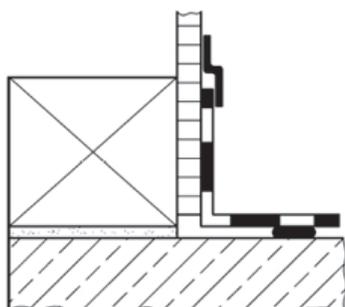


Abb. 2-20 Anschluss der Luftdichtheitsschicht an eine Fundamentplatte aus Beton mit Klebemasse (DIN 4108-7, 2011, Bild 23)

**Beachte:**  
Verklebungen von Bauteilschichten werden in den Anschlussdetails von Kapitel 4 und 5 mit Klebepunkten (schwarze Punkte) verdeutlicht (Vgl. Kap.1.1.3).

## 2.2.3 Brandschutz

### 2.2.3.1 Klassifizierung des Brandverhaltens der Baustoffe

Das Brandverhalten von Baustoffen wird nach DIN EN 13501-1:2010-01 klassifiziert.

Die Klasse des Brandverhaltens der Baustoffe wird zusammen mit den Brandnebenerscheinungen Rauchentwicklung sowie brennendes Abtropfen bestimmt und angegeben. Tab. 2-5 zeigt das Format der Klassifizierung.

Die Bestimmung des Brandverhaltens einer Platte erfolgt ohne Notwendigkeit einer weiteren Prüfung (CWFT - Classification Without Further Testing) oder auf Grundlage einer Prüfung nach den in DIN EN 13501-2:2010-01 angegebenen Prüfnormen.

Ohne weitere Prüfung können zum Beispiel die Produkte OSB gemäß DIN EN 300:2006-09 oder Gipsplatten nach DIN EN 520:2009-12 eingestuft werden, wenn die Bedingungen nach Entscheidung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2003/43/EG (inkl. Änderungen Stand 05.10.2006) eingehalten werden. Für das Produkt OSB wurde das Brandverhalten in Abhängigkeit der Endnutzungsbedingungen in der DIN EN 13986:2015-06, Tabelle 8 definiert (vgl. Tab. 2-6).

Für das Produkt Gipsplatten wurde das Brandverhalten in Abhängigkeit der Endnutzungsbedingungen in der DIN EN 520:2009-12, Anhang B verankert (vgl. Tab. 2-7).

Tab. 2-5 Klassifizierung des Brandverhaltens (DIN EN 13501-1, 2010)

Brandverhalten	Rauchentwicklung			Brennendes Abtropfen	
	-	s	1, 2 oder 3	,	d 0, 1 oder 2
A1 bis F	-	s	1, 2 oder 3	,	d 0, 1 oder 2



Tab. 2-6 Beispiel OSB nach DIN EN 300:2006-09 (DIN 13986, 2015, Tabelle 8)

Endnutzungsbedingung	Einbau auf Material (Klasse und Mindestrohddichte)	Mindestrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Mindestdicke [mm]	Klasse
Ohne Luftspalt hinter dem Holzwerkstoff	A1 oder A2-s1, d0 mit $\geq 10 \text{ kg/m}^3$ oder D-s2, d0 mit $\geq 400 \text{ kg/m}^3$	600	9	<b>D-s2, d0</b>
Mit geschlossenen oder offenen Luftspalt $\leq 22 \text{ mm}$ hinter Holzwerkstoff	A2-s1, d0 mit $\geq 10 \text{ kg/m}^3$			
Mit geschlossenem Luftspalt hinter Holzwerkstoff	D-s2, d2 mit $\geq 400 \text{ kg/m}^3$		15	
Mit offenem Luftspalt hinter Holzwerkstoff	D-s2, d2 mit $\geq 400 \text{ kg/m}^3$		18	
Alle	-		3	<b>E</b>

Tab. 2-7 Beispiel Gipsplatten nach DIN EN 520:2009-12 außer perforierten Platten (DIN EN 520, 2009)

Nominale Plattendicken	Gipskern		Papiergewicht [g/m <sup>2</sup> ] *	Untergrund	Klasse
	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Brandverhaltensklasse			
$\geq 6,5 < 9,5$	$\geq 800$	A1	$\leq 220$	Produkte auf Holzbasis $\geq 400 \text{ kg/m}^3$ oder Produkte	<b>A2-s1, d0</b>
			$> 220 \leq 300$	$\geq \text{A2-s1, d0}$	<b>B-s1, d0</b>
$\geq 9,5$	$\geq 600$		$\leq 220$	Produkte auf Holzbasis $\geq 400 \text{ kg/m}^3$ oder Produkte $\geq \text{A2-s1, d0}$	<b>A2-s1, d0</b>
			$> 220 \leq 300$	Dämmprodukte mind. Klasse E-d2 montiert gemäß Methode 1	<b>B-s1, d0</b>

\* Gemäß EN ISO 536 mit höchstens 5% organischem Zusatz

### 2.2.3.2 Klassifizierung des Feuerwiderstands von Bauteilen

Der Feuerwiderstand von Bauteilen wird nach DIN EN 13501-2:2010-02 ermittelt. Hauptsächlich werden die nachfolgenden charakteristischen Leistungseigenschaften nach verwendet (siehe auch Tab. 2-8). Charakteristische Leistungseigenschaften sind:

- R – Tragfähigkeit (Résistance)
- E – Raumabschluss (Étanchéité)
- I – Wärmedämmung (Isolation)

- M – Widerstand gegen mechanische Beanspruchung

Werden zum Beispiel die Kriterien REI oder EI für einen bestimmten Zeitraum t eingehalten, kommt es nicht zu einer Entzündung auf der brandabgewandten Seite des Bauteils. Ist das Kriterium in der Klassifizierung enthalten, besitzt das Bauteil neben der raumabschließenden Funktion auch eine tragende Funktion.

Der Widerstand gegen mechanische Beanspruchung M ist die Fähigkeit eines Bauteils, einer Stoßbeanspruchung im Brandfall zu widerstehen, die durch den Tragfähigkeitsverlust eines anderen Bauteils

verursacht wird. Um die Klassifizierung durch den Zusatzbuchstaben M zu erlangen, muss das Bauteil der Stoßbeanspruchung widerstehen, ohne das R-, E- und/oder I-Verhalten zu beeinflussen.

Tab. 2-8 Hinterlegung der charakteristischen Leistungseigenschaften mit Leistungskriterien (DIN EN 13501-2, 2010)

R - Tragfähigkeit	E - Raumabschluss	I - Wärmedämmung	M - Widerstand gegen mechanische Beanspruchung
<u>Begrenzte Verformung:</u> - vertikal: $C = h/100$ - horizontal: $D = L^2(400 \cdot d)$ <u>Begrenzte Verformungsrate:</u> - vertikal: $dD/dt = 3h/1000$ - horizontal: $dD/dt = L^2/(9000 \cdot d)$	- Entzündung Wattlebensch - Spalte und Öffnungen - Auftreten von andauernden Flammen an der unbeflammten Seite	<u>Begrenzte mittlere und maximale Temperaturerhöhung auf brandabgewandter Seite:</u> - $\Delta t_{MW} \leq 140 \text{ K}$ und - $\Delta t_{FW} \leq 180 \text{ K}$	<u>Stoßprüfungen nach DIN EN 1363-2:1999-10:</u> Stoßenergie 3000 Nm (Aufprall Stoßkörper aus Bleischrotsack 200 kg aus Fallhöhe 1,5 m)

### 2.2.3.3 Zusammenfassung der Anforderungen an den Brandschutz

Die Grundsatzforderungen an den Brandschutz ergeben sich aus dem § 3 (1) und § 14 MBO. Die Einstufung der Gebäude erfolgt gemäß § 2 (3) MBO nach der Geschossigkeit und der Ausdehnung sowie der Anzahl der Nutzungseinheiten.

Im Konstruktionskatalog sind vorrangig die auf der Bauordnung basierenden Standardgebäude, z.B. Wohn- und Bürogebäude berücksichtigt.

Die Einstufung in Gebäudeklassen und zugehörige Anforderungen an Bauteile sowie die brandschutztechnische Bewertung der Anschlussdetails kann dem Endbericht, Kapitel 5.5.2 entnommen werden. In der Gebäudeklasse 5 erhalten tragende, aussteifende und/oder raumabschließende Bauteile einen Feuerwiderstand von 90 Minuten. Die nichttragenden Außenwände können bis zur Gebäudeklasse 5 mit einem Feuerwiderstand von 30 Minuten ausge-

führt werden.

Der Anschluss der nichttragenden Außenwände an Decken oder Trennwände müssen nach § 24 MBO so ausgebildet werden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.

Auf Grundlage einer schutzzielorientierten Betrachtung können die Bauteile und Bauteilanschlüsse auf Sonderbauten übertragen werden. Die Einstufung der Gebäude nach Art der Nutzung wird nach § 2 (4) MBO vorgenommen. Danach werden zum Beispiel Schulen, Hochschulen und ähnliche Einrichtungen als Sonderbauten eingestuft.

In Deutschland ist die Zuordnung der bauaufsichtlichen Anforderungen zu den möglichen Klassifizierungen des Brandverhaltens der Baustoffe in der Anlage 0.2.2 (Tab. 2-9) und den Feuerwiderstandsklassen in Anlage 0.1.2 (Tab. 2-10) der Bauregelliste Teil A (Ausgabe 2015-2) aufgeführt.



Tab. 2-9 Europäische Klassen des Brandverhaltens von Baustoffen nach DIN EN 13501-2:2010:02 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen (DIN EN 13501-2, 2010)

Bauaufsichtliche Anforderung	Zusatzanforderungen		Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1 <sup>1,2</sup>
	kein Rauch	kein brennendes Abfallen / Abtropfen	Bauprodukte, ausgenommen lineare Rohrdämmungen und Bodenbeläge
<b>Nichtbrennbar</b>	X	X	A1
	X	X	A2 – s1,d0
<b>Schwerentflammbar</b>	X	X	B – s1,d0
			C – s1,d0
	X	X	A2 – s2,d0; A2 – s3,d0
			B – s2,d0; B – s3,d0
			C – s2,d0; C – s3,d0
			A2 – s1,d1; A2 – s1,d2
	X	X	B – s1,d1; B – s1,d2
			C – s1,d1; C – s1,d2
			A2 – s3,d2
			B – s3,d2
<b>Normalentflammbar</b>			C – s3,d2
			D – s1,d0; D – s2,d0; D – s3,d0
			E
			D – s1,d1; D – s2,d1; D – s3,d1
			D – s1,d2; D – s2,d2; D – s3,d2
<b>Leichtentflammbar</b>			E – d2
			F

<sup>1</sup> In den europäischen Prüf- und Klassifizierungsregeln ist das Glimmverhalten von Baustoffen nicht erfasst.

Für Verwendungen, in denen das Glimmverhalten erforderlich ist, ist das Glimmverhalten nach nationalen Regeln nachzuweisen.

<sup>2</sup> Mit Ausnahme der Klassen A1 (ohne Anwendung der Fußnote c zu Tabelle 1 der DIN EN 13501-1) und E kann das Brandverhalten von Oberflächen von Außenwänden und Außenwandbekleidungen (Bauarten) nach DIN EN 13501-1 nicht abschließend klassifiziert werden.

Tab. 2-10 Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen nach DIN EN 13501-2 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen (DIN 13501-2, 2010)

Bauaufsichtliche Anforderung	Tragende Bauteile		Nicht-tragende Innenwände	Nicht-tragende Außenwände	Doppelböden	Selbstständige Unterdecken
	ohne Raumabschluss	mit Raumabschluss				
feuerhemmend	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i⇒o) und EI 30-ef (i⇐o)	REI 30	EI 30 (a⇔b)
hochfeuerhemmend	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i⇒o) und EI 60-ef (i⇐o)		EI 60 (a⇔b)
feuerbeständig	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i⇒o) und EI 90-ef (i⇐o)		EI 90 (a⇔b)
Feuerwiderstandsfähigkeit 120 Min.	R 120	REI 120	-	-		-
Brandwand	-	REI 90-M	EI 90-M	-		-

Bemerkung: i = in, o = out; ⇒ Richtung der Beanspruchung

#### 2.2.3.4 Brandschutztechnische Anforderungen an vertikale Anschlüsse

Erläuterungen zur Widerstandsfähigkeit von Anschlüssen können dem Endbericht, Kapitel 5.5.2 entnommen werden.

Für die Anschlussdetails, Kapitel 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 und 4.2.5 sind folgende Angaben zu beachten:

Die Brandnebenwege müssen durch die nichtbrennbare Fugendämmung (Mineralwolle mit Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  nach DIN 4102-17:1990-12 und Rohdichte  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ ), das/die durchlaufende Rähm/Schwelle und die untere und obere luftdichte Abklebung unterbunden werden.

Die luftdichte Abklebung übernimmt im kalten Bereich, d.h. auf der brandabgewandten Seite, zugleich die Funktion der Rauchdichtheit.

Die Brandbeanspruchung der Fügungen (Brandnebenwege) innerhalb des Bauteils wird durch die Ausbildung einer Installationsebene weiter verringert. Der Anschlußbereiche der Kapitel 4.2.1 bis 4.2.5 erfüllen die brandschutztechnischen Anforderungen gemäß § 31 (1) MBO, die an Decken in der Gebäudeklasse 5 gestellt werden.

Weitergehende Anforderungen an die Oberflächen

von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen sind dem § 2(3), (4) und (5) oder den Angaben in Sonderbauverordnungen zu entnehmen.

Angaben zu Holzfassaden bei Gebäuden in der Gebäudeklasse 3 bis 5, für die eine Schwerentflammbarkeit gefordert wird, können Kapitel 2.1.4.1 bzw. 2.2.3.3, S.23 entnommen werden. (TUM, 2014)

#### 2.2.3.5 Brandschutztechnische Anforderungen an horizontale Anschlüsse

Die Brandnebenwege werden durch die nichtbrennbare Fugendämmung (Mineralwolle mit Schmelzpunkt  $\geq 1000^{\circ}\text{C}$  nach DIN 4102-17:1990-12 und Rohdichte  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ ), die Randstiele und die luftdichte Abklebung unterbunden.

Die luftdichte Abklebung übernimmt im kalten Bereich, d.h. in der Achse der Stahlbetonwand, zugleich die Funktion der Rauchdichtheit. Die Brandbeanspruchung der Fügungen (Brandnebenwege) innerhalb des Bauteils wird durch die Ausbildung einer Installationsebene weiter verringert.

Der dargestellte Anschlussbereich erfüllt die brandschutztechnischen Anforderungen gemäß § 29 (1) MBO, die an Trennwände in der Gebäudeklasse 5 gestellt werden.



## 2.2.4 Schallschutz

(Gl. 2-9)

### 2.2.4.1 Allgemein

Der Schallschutz im Hochbau ist in Deutschland wegen der zunehmend verdichteten Bauweise und den innerstädtisch vorhandenen hohen Außenlärm-belastungen ein wesentliches Kriterium zur Schafung eines gesunden Wohn- und Arbeitsumfelds.

In Deutschland wurden hierzu bauaufsichtliche Anforderungen festgelegt, die im Wesentlichen in der DIN 4109:1989-11 niedergeschrieben sind. Die hier festgelegten Anforderungen betreffen den Schallschutz im Gebäudeinneren, inklusive der Lärmentwicklung von haustechnischen Anlagen sowie den Schallschutz gegen Außenlärm. Die Anforderungen sind unabhängig von der Bauweise festgelegt und müssen als Mindestschallschutz auch ohne weitere vertragliche Regelungen eingehalten werden.

Im privatrechtlichen Vertragsverhältnis können auch Zielwerte für den Schallschutz vereinbart werden, die über den in DIN 4109:1989-11 geforderten Schallschutz hinausgehen. Richtwerte für einen erhöhten Schallschutz können für den Wohnungsbau der VDI 4100:2012-10 entnommen werden.

### 2.2.4.2 Kennwerte und Anforderungen

Zur Quantifizierung des Schallschutzes innerhalb des Gebäudes werden die Kenngrößen  $R'_w$  (bewertetes Bau-Schalldämm-Maß) für den Luftschallschutz sowie  $L'_{n,w}$  (bewerteter Norm-Trittschallpegel) für den Trittschallschutz verwendet. Der Schallschutz beinhaltet hierbei sämtliche Schallübertragungen von Raum zu Raum, d.h. neben dem direkt übertragenen Luft- und Trittschall ist auch der über flankierende Wände und Decken übertragene Schall zu berücksichtigen. Zahlenwerte als Auszug aus DIN 4109:1989-11 sind in Tab. 2-11 dargestellt.

Die Anforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109 und VDI 4100:2012-10 werden immer an die Gesamtsituation gestellt, d.h. an die Summe der Schallübertragungen von Raum zu Raum. Daher werden keine Anforderungswerte für die schalltechnischen Eigenschaften einzelner an der Schallübertragung beteiligter Bauteile angegeben.

Wenn die Bauweise und die Bauteilkenndaten bekannt sind, so kann ein rechnerischer Nachweis des Luftschallschutzes erfolgen. Hierbei werden die Schallübertragungen über die verschiedenen Schallübertragungswege (direkter Schalldurchgang durch das Trennbauteil und Flankenschallübertragung) nach Gleichung 2-9 berechnet.

$$R'_w = -10 \cdot \text{Log}(10^{-0,1 \cdot R_w} + \sum_{ij=Ff,Fd,Df} 10^{-0,1 \cdot R_{ij,w}})$$

mit:

$R'_w$ : Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß [dB]

$R_w$ : Bewertetes Schalldämm-Maß [dB]

$R_{ij,w}$ : Bewertetes Flankendämm-Maß [dB]

Ff, Fd, Df: Nebenwege

Der direkt durch das Trennbauteil (Wand oder Decke) übertragene Schall wird durch das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  quantifiziert.

Die Flankenschallübertragung wird durch die bewerteten Flankendämm-Maße  $R_{ij,w}$  beschrieben. Für den Fall, dass Leichtbauteile (z.B. Holzständerwände, Gipskartonständerwände) als flankierende Bauteile eingesetzt werden, muss für den Nachweis nach DIN 4109 nur der Flankenübertragungsweg Ff berücksichtigt werden und das bewertete Flankendämm-Maß  $R_{Ff,w}$  wird direkt aus der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f,w}$  berechnet, siehe Gleichung 2-10.

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{l_0}{l}\right) + 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{S_{Tr}}{A_0}\right) \quad (\text{Gl. 2-10})$$

mit:

$R_{Ff,w}$ : Bewertetes Flankendämm-Maß [dB]

$D_{n,f,w}$ : Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz [dB]

$l_0$ : Bezugskantenlänge [m]

$l$ : Kantenlänge zwischen Trennbauteil und flankierenden Bauteil [m]

$S_{Tr}$ : Trennbauteilfläche [m<sup>2</sup>]

$A_0$ : 10 m<sup>2</sup> Bezugs-Absorptionsfläche

Für eine Planung des erhöhten Schallschutzes nach VDI 4100:2012-10 ist zu beachten, dass die Planungswerte in der aktuellen Fassung dieser Richtlinie auf die nachhallzeitbezogenen Kenngrößen  $D_{nT,w}$  (bewertete Standard-Schallpegeldifferenz) und  $L'_{nT,w}$  (bewerteter Standard-Trittschallpegel) umgestellt wurden, was einen direkten Abgleich erschwert. Denn die vor Ort vorliegenden geometrischen Randbedingungen (Raumvolumina, Trennbauteilfläche, Prüfrichtung) fließen mit in die Betrachtung ein (siehe Tab. 2-11, Gleichung 2-11 und Gleichung 2-12).

Berechnung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  aus dem bewerteten Bau-Schalldämm-Maß  $R'_w$ :

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{0,16 \cdot V}{T_0 \cdot S_{Tr}}\right) \quad (\text{Gl. 2-11})$$

mit:

$D_{nT,w}$ : bewertete Standard-Schallpegeldifferenz [dB]  
 $R'_{w}$ : bewertetes Bau-Schalldämm-Maß [dB]  
 $S_{Tr}$ : Trennbauteilfläche [m<sup>2</sup>]  
 $T_0$ : 0,5 s Bezugs-Nachhallzeit  
 $V$ : Raumvolumen des Empfangsraums [m<sup>3</sup>]

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{0,16 \cdot V}{T_0 \cdot A_0} \right) \quad (\text{Gl. 2-12})$$

mit:

$L'_{nT,w}$ : bewerteter Standard-Trittschallpegel [dB]  
 $L'_{n,w}$ : bewerteter Norm-Trittschallpegel [dB]  
 $A_0$ : 10 m<sup>2</sup> Bezugs-Absorptionsfläche  
 $T_0$ : 0,5 s Bezugs-Nachhallzeit  
 $V$ : Raumvolumen des Empfangsraums [m<sup>3</sup>]

Berechnung des bewerteten Standard-Trittschallpegels  $L'_{nT,w}$  aus dem bewerteten Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w}$ :

Tab. 2-11 Anforderungen für die Luft- und Trittschalldämmung von Innenbauteilen, exemplarisch für Wohnungstrennwände und Wohnungsdecken in Mehrfamilienhäusern (DIN 4109, 1989, DIN 4109-1, 2016 und VDI 4100, 2012)

Haustyp / Bauteil	Anforderungen nach DIN 4109	Schallschutz nach VDI 4100		
		Schallschutzstufe		
		I	II	III
Luftschall Trennwand	$R'_{w} = 53 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 56 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 59 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 64 \text{ dB}$
Luftschall Trenndecke	$R'_{w} = 54 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 56 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 59 \text{ dB}$	$D_{nT,w} \geq 64 \text{ dB}$
Trittschall Trenndecke	$L'_{n,w} = 53 \text{ dB lt. *1)}$ $L'_{n,w} = 50 \text{ dB lt. *2)}$	$L'_{nT,w} \leq 51 \text{ dB}$	$L'_{nT,w} \leq 44 \text{ dB}$	$L'_{nT,w} \leq 37 \text{ dB}$

\*1) DIN 4109:1989-11; \*2) DIN 4109:2016

Nähere Angaben zu den Schallschutz-Anforderungen (z.B. Zielwerte, Nachweisverfahren) können dem Endbericht, Kapitel 2.9 entnommen werden.

#### 2.2.4.3 Schallschutz bei Hybridbauweisen

Rechenregeln für den Nachweis des Luftschallschutzes von Mischbauweisen bzw. Skelettbau wurden schon in Beiblatt 1 DIN 4109:1989-11 niedergelegt und finden sich in ähnlicher Weise auch in der neuen DIN 4109:2016-07 wieder.

Da in dieser Bauweise Massivbauelemente mit Leicht- und Holzbauwände kombiniert werden sind die Nachweisverfahren des Schallschutzes entsprechend dieser Bauarten anzupassen.

Die Luftschalldämmung der Massivbauwände und -decken wird in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse zukünftig nach der DIN 4109-32:2016-07 berechnet, wobei Effekte durch Vorsatzschalen (z.B. schwimmende Estriche) nach den Regeln der DIN 4109-34:2016-07 berücksichtigt werden. Für die Flankenschalldämmung der Massivbauwände und -decken wird diese Luftschalldämmung dann noch mit den Stoßstellendämm-Maßen und Korrektionssummanden für geometrische Abmessungen und möglichen Vorsatzschalen kombiniert.

Die Luftschalldämmung von Wänden des Holz- und Leichtbaus kann als bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{w}$  entweder dem Bauteilkatalog für den Leicht- und

Holzbau der neuen DIN 4109-33:2016-07 entnommen oder auf Basis messtechnischer Nachweise nach der Normenreihe DIN EN ISO 10140 ermittelt werden. Die Flankenschalldämmung von Leichtbauwänden wird aus der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f,w}$  ermittelt. Sie kann entweder dem Bauteilkatalog für den Leicht- und Holzbau DIN 4109-33:2016-07 entnommen oder auf Basis messtechnischer Nachweis nach der Normenreihe DIN EN ISO 10848:2006 bestimmt werden.

In Kapitel 3 bis 5 des Konstruktionskatalogs sind für verschiedene Decken-, Dach- und Wandaufbauten sowie -anschlüsse Kenndaten aus den Bauteilkatalogen der DIN 4109:2016, bzw. Messergebnisse aus dem Forschungsvorhaben oder anderer Forschungsvorhaben zusammengestellt.

Die Quellen werden in Kapitel 3 je Bauteil ausgewiesen.

Um die hier angegebenen Schalldämmwerte erreichen zu können, sind spezifische Materialkennwerte einzuhalten (z.B. dynamische Steifigkeit und Strömungswiderstand von Dämmplatten). Falls erforderlich, sind diese Zusatzangaben an den jeweiligen Stellen bzw. in den normativen Referenzen mit angeben.

Nähere Informationen zur Flankenschalldämmung können dem Endbericht, Kapitel 5.4 entnommen werden.



## 2.3 Holzschutz

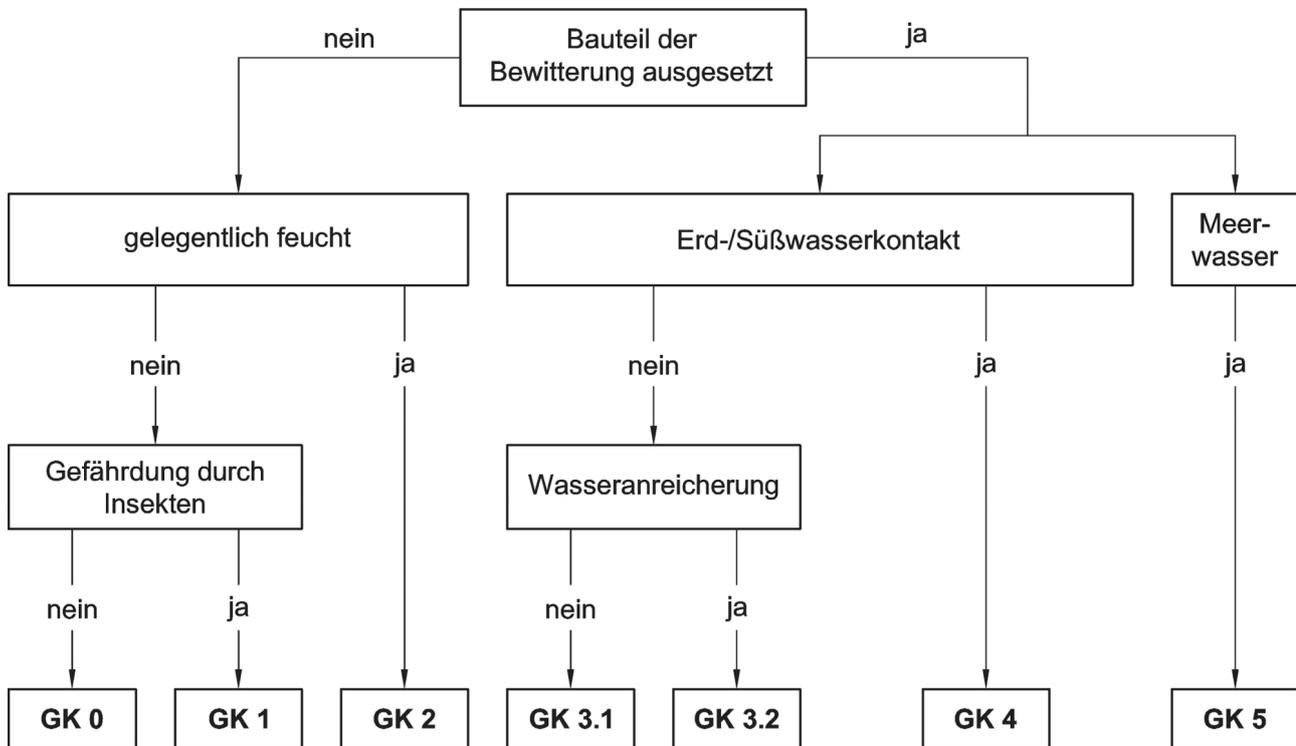


Abb. 2-21 Vereinfachte Entscheidungsabfolge zur Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse (DIN 68800-1, 2011, Bild D.1)

### 2.3.1 Allgemein

Gemäß Holzschutznormen DIN 68800-1:2011-10, DIN 68800-2:2012-2 und DIN 68800-3:2012-02 wird eine lange Gebrauchsdauer der Holzfassadenelemente wesentlich durch die Einhaltung der Anforderungen des Holzschutzes gewährleistet.

Die Einstufung von Bauteilen in Gebrauchsklassen (GK) spiegelt die mögliche Gefahr durch holzschädigende Organismen im Laufe der Gebrauchsdauer und in Abhängigkeit der Einbausituation wider. Abb. 2-21 zeigt vereinfacht das Schema einer Entscheidungsabfolge.

### 2.3.2 Kernelement und Fassade

Abb. 2-22 zeigt die einzelnen Systembereiche eines Fassadenelementes auf. Das Kernelement eines Fassadenelementes, sprich der Systembereich, der aufgrund eines Wetterschutzes – einer Fassade – nicht der Bewitterung ausgesetzt ist, wird dabei der Gebrauchsklasse GK0 oder GK 1 zugeordnet. Das

Kernelement wird nach außen durch Fassadenbekleidungen oder Vorsatzschalen gegen Wettereinflüsse geschützt. Direkt bewitterte Fassaden werden bis GK 3.1 definiert. Es ist zu gewährleisten, dass der Sockelbereich des Fassadenelementes GK 0 zugeordnet wird.

Diese Anforderungen werden bei den Bauteilaufbauten in Kapitel 3 berücksichtigt.

Eine hinterlüftete Außenwandbekleidung stellt einen dauerhaft wirksamen Wetterschutz, welcher bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise für den vorgesehenen Verwendungszweck benötigt. (DIN 68800-2, 2012, S.9)

Die detaillierten Anforderungen und die Ausbildung der Hinterlüftungsebene kann dem Endbericht, Kapitel 2.10.3 entnommen werden. Eine Fassade mit WDV-System oder Putzträgerplatten bedarf eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises. (DIN 68800-2, 2012, S.9-10)

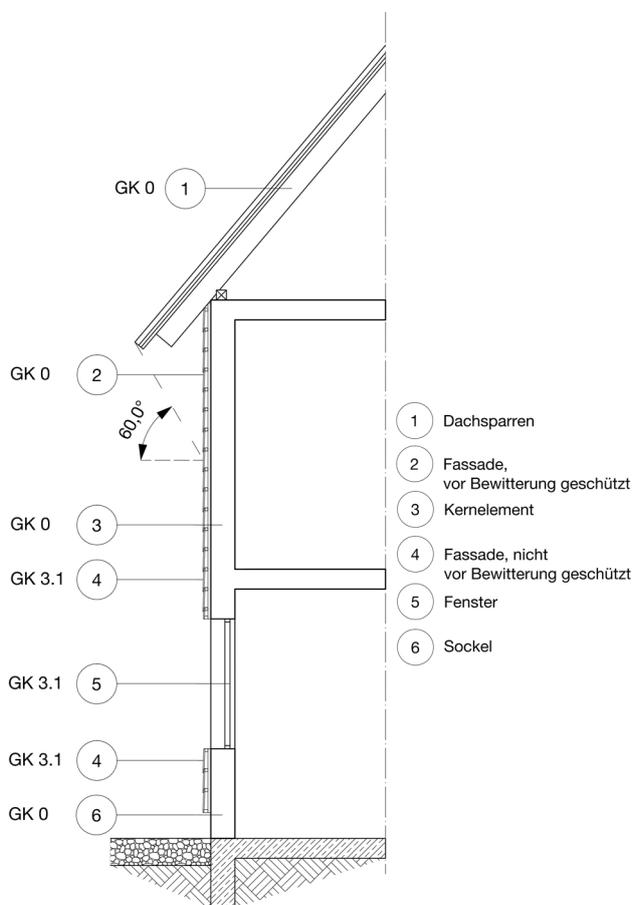


Abb. 2-22 Zuordnung von Holzbauteilen bzw. Systembereiche des Fassadenelements zu einer Gebrauchsklasse (Eigene Darstellung)

- Einhaltung des Tauwasserschutzes zur Vermeidung von unzuträglicher Feuchteänderung gemäß DIN 4108-3:2014-11
- Sicherstellung eines dauerhaft wirksamen Wetterschutzes
  - Fassadenbekleidungen oder Vorsatzschalen zum Schutz des Kernelements (vgl. Endbericht, Kapitel 2.10.3)
  - Ausreichend hoch ausgebildete Sockel zum Schutz gegen Spritzwasser und Erdfeuchte (vgl. Tab. 2-13)
- Schutz vor Anreicherung von Wasser im Holz Bereich von Anschlüssen, Stößen, Fenstern und Außentüren

Tab. 2-12 Einbaufeuchten bzw. Gebrauchsfeuchten von Bauteilen (Dinger, 2012)

Nutzungsklasse	Gebrauchsklasse	Holzfeuchte
NKL 1: Geschlossene Bauwerke	GK 0 – 1	≤ 12 %
NKL 2: Überdeckte offene Bauwerke	GK 2	12 – 20 %
NKL 3: Konstruktion der Witterung ausgesetzt; mit Wasseranreicherung; mit Wasserkontakt	GK 3 – GK 5	> 20 %

Tab. 2-13 Anforderungen an Sockelausbildungen ohne weiteren Nachweis (DIN 68800-2, 2012, S.10)

Zulässige Abstände zwischen ‚Unterkante Holz‘ und ‚Oberkante Gelände‘	
≥ 300 mm	ohne weiteren Nachweis
≥ 150 mm	ohne weiteren Nachweis, wenn zusätzlich ein Kiesbett (Korngröße mindestens 16/32) mit mindestens 15 cm Breite und einem Abstand Außenkante Kiesbett zur Außenkante Schwelle von mindestens 30 cm oder ein Wasser ableitender Belag mit mindestens 2% Gefälle vorhanden ist.
≥ 50 mm	ohne weiteren Nachweis, wenn zusätzliche Maßnahmen gemäß „≥ 150 mm“ mit zusätzlichen geeigneten Abdichtungsmaßnahmen nach DIN 18195-4 eingehalten werden.

### 2.3.3 Bauliche Holzschutzmaßnahmen

Ziel baulicher Maßnahmen ist es, die Holzfeuchte eines Bauteils spätestens durch Einsatz besonderer baulicher Maßnahmen soweit zu verringern, dass die Gebrauchsklasse GK 0 eingehalten und das Befalls- und Schadensrisiko vernachlässigbar wird bzw. keine weiteren Maßnahmen des chemischen Holzschutzes nach DIN 68800-3:2012-02 erforderlich sind. (DIN 68800-1, 2011, S.7)

Grundsätzliche bauliche Maßnahmen sind:

- Ausreichender Schutz gegen nachteilige Einflüsse aus Feuchteänderungen über die gesamte Dauer von Transport, Lagerung und Montage hinweg
- Einhaltung von Holzfeuchten in Abhängigkeit von Nutzungs- bzw. Gebrauchsklasse gemäß DIN EN 1995-1-1:2010-12 bzw. DIN 68800-1:2011-10 (vgl. Tab. 2-12)

In manchen Fällen reichen die grundsätzlichen baulichen Maßnahmen zur Einstufung in die Gebrauchsklasse GK 0 nicht aus. In diesen Fällen werden besondere bauliche Maßnahmen erforderlich. Außenwände sowie Sockeldetails gemäß Anhang A



der DIN 68800-2:2012-02 erfüllen die Anforderungen sowohl an die grundsätzlichen als auch an die besonderen baulichen Maßnahmen, wodurch eine Einstufung in die Gebrauchsklasse GK 0 erfolgt. Bei Auswahl einer Konstruktion innerhalb dieser Regelkonstruktionen ist ohne weiteren Nachweis ein chemischer Holzschutz nicht erforderlich. Alle Bauteilaufbauten in Kapitel 3 erfüllen die Anforderungen dieser Regelkonstruktion.

#### **2.3.4 Maßnahmen mit Holzschutzmitteln**

Zusätzlich zu den besonderen baulichen Maßnahmen können auch vorbeugende Schutzmaßnahmen von Holz mit Holzschutzmitteln gemäß DIN 68800-3:2012-2 zum Erreichen einer bestimmten Gebrauchsklasse herangezogen werden.

Holz und Holzprodukte, welche mit Holzschutzmitteln behandelt wurden, werden hinsichtlich der Verwendbarkeit in den Gebrauchsklassen durch die Art des verwendeten Holzschutzmittels, die Eindringtiefe und die Einbring- oder Aufbringmenge definiert. (DIN 68800-3, 2012, S.9)

Auf dem Etikett oder den begleitenden technischen Informationen der Holzschutzmittel sind Angaben erforderlich, welche den Holzschutz nach bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis bzw. welche

die Wirksamkeit durch eine akkreditierte Stelle nachweisen. (DIN 68800-3, 2012, S.11-12)

Im Falle eines Prüfprädikats wird im Rahmen eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises ein Kurzzeichen zur Charakterisierung wichtiger Schutzmitteleigenschaften vergeben.

Anforderungen an das zu verwendende Holzschutzmittel bzw. das aufgrund dessen erforderliche Prüfprädikat des Holzschutzmittels sind gemäß DIN 68800-3:2012-2 dem Endbericht, Kapitel 2.10.7 zu entnehmen. (DIN 68800-3, 2012, S.12)

Für die Bearbeitung der Bauteilaufbauten in Kapitel 3 wurde der Aspekt des chemischen Holzschutzes hinten angestellt, mit der Begründung, dass der konstruktive dem chemischen Holzschutz vorzuziehen ist.

Alternativ zur Anwendung von besonderen baulichen Holzschutzmaßnahmen und Holzschutzmitteln dürfen Holzarten verwendet werden, welche eine ausreichende natürliche Dauerhaftigkeit gegen die jeweils vorliegende Gefährdung besitzen. Beispielhafte Holzarten sind Lärche oder Douglasie im Bereich der Nadelhölzer sowie Eiche oder Bongossi im Bereich der Laubhölzer (vgl. DIN 68800-1, 2011, Tabelle 3). Die Definitionen der biologischen Dauerhaftigkeit der einzelnen Nadel- und Laubhölzer können der DIN EN 350:2014-12, Anhang B entnommen werden.

## 2.4 Kennwerte Ökobilanz

### 2.4.1 Allgemein

Zur Beurteilung der ökologischen Qualität wurden für die einzelnen Bauteile Ökobilanzen durchgeführt. Dies erfolgte auf der Grundlage der Ökobaudat 2011 mit Hilfe des vom BBSR entwickelten Tools eLCA ([www.bauteileditor.de](http://www.bauteileditor.de)). Die Werte werden jeweils für 1 m<sup>2</sup> Fassadenfläche angezeigt und beinhalten alle Bauteilschichten und ggf. statisch erforderliche Befestigungsmittel.

Aus der Tabelle 2-7 können die jeweils verwendeten Datensätze und End of Life (EoL)-Szenarien abgelesen werden. Da in der Ökobaudat der Datensatz für Spannbeton der Qualität C45/55 nicht vorhanden ist, wurde der Datensatz „Transportbeton C20/25“ gewählt und mit einem entsprechenden Aufschlag (30%) versehen, der sich aus den Aufschlägen für die Betonqualitäten C20/30 und C30/37 (jeweils ca. 10% bzw. 20%) ergibt.

Die EoL-Szenarien sind durch das BBSR im eLCA-Tool unveränderbar definiert, um die Vergleichbarkeit der Berechnungen zu gewährleisten. Grundsätzlich werden brennbare Rohstoffe einem Verbrennungs-Szenario zugeführt, während recycelbaren, aber nicht brennbaren Rohstoffen entsprechende Recycling- bzw. Aufbereitungs-Szenarien zugeordnet werden. Für weder brennbare noch wiederverwertbare Stoffe wird Deponierung gewählt.

Alle dargestellten Bauteilaufbauten stehen online auf [bauteileditor.de](http://bauteileditor.de) als Vorlagen zur Verfügung.

### 2.4.2 Systemgrenzen und

#### Betrachtungszeitraum

Die Phase „Herstellung“ besteht aus Rohstoffgewinnung, Transport der Rohstoffe und Herstellung der Baustoffe, d.h. es handelt sich um die Lebenszyklusphasen „Cradle to Gate“ (von der Wiege bis zum Fabrikator). Die Phase Instandhaltung beinhaltet den Austausch (Entsorgung und Neuerstellung) von Bauteilschichten aufgrund des Endes ihrer technischen Lebensdauer. In der Lebenszyklus-Phase „Entsorgung“ ist die Aufbereitung oder Entsorgung der Baustoffe enthalten inklusive möglicher Gutschriften, beispielsweise für die Strom- und Wärmeerzeugung aus Müllverbrennungsanlagen.

Der Betrachtungszeitraum beträgt 50 Jahre, so dass die Ergebniswerte direkt für Gebäude-Ökobilanz-Berechnungen im Zuge einer BNB- oder DGNB-Zertifizierung verwendet werden können. Lebensdauern der Baustoffe wurden der Schichtenabfolge angepasst, d.h. unter Umständen wird eine Schicht vor dem Ende ihrer technischen Lebensdauer ausgetauscht, da eine darunterliegende Schicht das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hat.

### 2.4.3 Holz und Holzwerkstoffe

Zusätzlich sind die Gewichtsanteile für Holz und Holzwerkstoffe pro Bauteil angegeben. Diesen Rohstoffen wird in der Herstellungsphase die erneuerbare Primärenergie, die für das Wachstum benötigt wird, zugerechnet. Um dies sichtbar zu machen, ist der Anteil der erneuerbaren Primärenergie ausgewiesen, der dem Heizwert des Rohstoffes entspricht. Für Holzwerkstoffe wurden folgende Holzanteile verwendet:

MDF 80% (Rüter & Diederichs, 2012)

OSB 88% (Rüter & Diederichs, 2012)

Holzfaserdämmung 80% (Institut Bau und Umwelt e.V., 2009)

Obwohl Zellulose ebenfalls zu den nachwachsenden Rohstoffen zählt, wurde es in der oben beschriebenen Rechnung nicht berücksichtigt: Zellulose-Einblasdämmstoff besteht laut Ökobilanz-Berechnungen zu großen Teilen aus Altpapier, d.h. die durch die Pflanzen aufgenommene Sonnenenergie wird der Papierherstellung zugewiesen und ist nicht Teil der Dämmstoffherstellung. Daher kann der Anteil an Holz und Holzwerkstoffen der Fassadenaufbauten mit nachwachsenden Rohstoffen bis GK 5 (W1-3, W2-3, W3-3) höher sein als der Anteil für die Außenwandaufbauten mit nachwachsenden Rohstoffen bis GK-3 (W1-2, W2-2, W3-3), denn Zellulose wird nicht zu Holz- und Holzwerkstoffen gezählt.

### 2.4.4 Alternative Materialien

Für einzelne Fassadenbekleidungen, wie z.B. die hinterlüftete Fassade, wurden Materialalternativen berechnet und in einer weiteren Tabelle dargestellt. Um die Gesamtwerte für die Wandbauteile zu erhalten, sind die Werte der Komponente Bekleidung (WDVS bzw. Fassadenbekleidung) durch die alternativen Werte zu ersetzen.



## 2.5 Übersicht Baustoffkennwerte

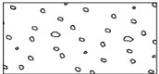
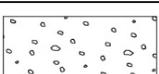
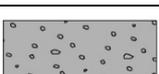
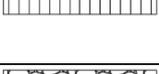
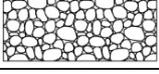
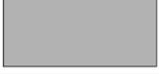
### 2.5.1 Bauphysikalische Kennwerte

In Tab. 2-14 sind allgemeine wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte dargestellt.

Dabei werden zunächst die Werte aus der DIN 4108-4:2013-02 bevorzugt. Die hier fehlenden Angaben werden durch die Werte der DIN EN ISO 10456:2010-05 ergänzt. Weiterführende Normen bzw. herstellereinspezifische Zulassungen sind der Tabelle direkt zu entnehmen.

Tab. 2-14 Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte für Baustoffe (alphabetisch sortiert) (Eigene Darstellung nach DIN 4108-4, 2013; DIN EN ISO 10456, 2010)

Schraffur Vectorworks	Baustoff	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/(m·K)]	Emissionsgrad $e$ [-]	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl $\mu$ (feucht/trocken) [-]	Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck $c_p$ [J/(kg·K)]
	Beton, bewehrt 2% nach DIN EN 206	2,500	0,94	2500	80/130	1000
	Beton, unbewehrt nach DIN EN 206	2,000	0,94	2300	80/130	1000
	Bitumenbahnen nach DIN EN 13707	0,170	0,90	(1200)	20000	1000
	BFU-Platte nach DIN EN 13986, DIN EN 636	0,130	0,90	500	70/200	1600
	Dämmung EPS nach DIN EN 13163	$\leq 0,040$	0,90	10-50	20/100	1450
	Dämmung Holzfaser nach DIN EN 13171	$\leq 0,040$	0,90	~100	5/5	2000
	Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171, DIN EN 622-4	$\leq 0,055$	0,90	40-250	3/5	2000
	Dämmung Mineralwolle nach DIN EN 13162	$\leq 0,040$	0,90	10-200	1/1	1030
	Dämmung PUR nach DIN EN 13165	$\leq 0,040$	0,90	28-55	40/200	1400
	Dämmung XPS nach DIN EN 13164	$\leq 0,040$	0,90	20-65	80/250	1450
	Dämmung Zellulose, lose	$\leq 0,040$	0,90	20-60	2/2	1600
	Erdreich (Sand, Kies)	2,000	0,90	1700- 2200	50/50	910-1180
	Estrich (Asphaltestrich)	0,700	0,94	2100	50000	1000
	Estrich (Zementestrich)	1,400	0,94	2000	15/35	2000

Schraffur Vectorworks	Baustoff	Wärme- leitfähig- keit $\lambda$ [W/(m·K)]	Emissi- onsgrad $e$ [-]	Roh- dichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Richtwert der Wasserdampf- Diffusionswi- derstandszahl $\mu$ (feucht/trocken) [-]	Spezifische Wärme- kapazität bei konstantem Druck $c_p$ [J/(kg·K)]
	Fliesen	1,300	0,90	2300	$\infty$	840
	GF-Platte nach DIN EN 15283	0,350	0,95	1200	4/10	1000
	GKF-Platte nach DIN 18180, DIN EN 520	0,250	0,95	900	4/10	1000
	Hohlraum, unbelüftet	nach Dicke	0,90	-	1	1008
	Holzfaserverplatte (Spanplatte), zementgebunden	0,230	0,90	1200	30/50	1500
	HWS-Platte (OSB) nach DIN EN 13986, DIN EN 300, DIN EN 12369-1	0,130	0,90	650	30/50	1700
	HWS-Platte (MDF) nach DIN EN 13986, DIN EN 622-5, DIN EN 12369-1	0,100	0,90	600	5/10	1700
	HWS-Platte (Spanplatte) nach DIN EN 13986, DIN EN 312, DIN EN 12369-1	0,140	0,90	600	15/50	1700
	Kies (Flachdach)	-	-	1700- 2200	-	-
	KVH nach DIN EN 338 BSH nach DIN 14080	0,130	0,90	500	20/50	1600
	LSL nach Z-9.1-323	0,130	0,90	700	Keine Angaben	Keine Angaben
	Luftdichtung / Dampfbremse	-	-	-	$\infty$	-
	Parkett	0,130	0,90	500	20/50	1600
	Putz (Kalk- und Kalkzementputz)	1,000	0,94	1800	15/35	1000



Schraffur Vectorworks	Baustoff	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/(m·K)]	Emissionsgrad $e$ [-]	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl $\mu$ (feucht/trocken) [-]	Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck $c_p$ [J/(kg·K)]
	Putz (Kalk-Gipsputz)	0,700	0,95	1400	10	1000
	Putzträgerplatte nach DIN EN 12467, Z-31.4-183	0,300	0,90	1300	84/143	Keine Angaben
	TSD WLS 040 nach DIN EN 13163	0,040	0,90	10-50	20/100	1450
	Wassersperrschicht/ Feuchteschutzbahn	-	-	-	-	-
	Zementgeb., glasfaserbewehrte Sandwichplatte nach Z-31.1-176	0,400	0,90	1000	40/40	1000
	Zementmörtel nach DIN EN 413	1,600	0,94	2000	15/35	2000

## 2.5.2 Randbedingungen der Wärmebrückenberechnung in THERM 7.3

Die Randbedingungen zur Berechnung der Wärmebrücken und Oberflächentemperaturen sind nach

der DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 definiert und folgendermaßen in der Boundary Condition Library von THERM hinterlegt. Die Auswertung erfolgt größtenteils mit Exceldatenblättern, die auf Basis der einschlägigen Normen entwickelt wurden.

Tab. 2-15 Randbedingungen zur Berechnung der Wärmebrücken und Oberflächentemperaturen in THERM 7.3 (Eigene Darstellung nach DIN 4108 Beiblatt 2, 2006)

Name	Film Coefficient 1/R [W/m <sup>2</sup> K]	Temperature [°C]
Adiabatisch	0	0
Feuchteschutz – Ermittlung der Oberflächentemperaturen		
Außenbereich	25	-5
Beheizter Raum	4	20
Beheizter Raum, Verglasung	7,692	20
Erdreich	0	10
Feuchteschutz, unbeheizter Raum	5,882	10
Wärmeschutz – Ermittlung des Wärmebrückenkoeffizienten		
Abwärts gerichteter Wärmestrom, beheizt	5,882	20
Abwärts gerichteter Wärmestrom, unbeheizt	5,882	5
Aufwärts gerichteter Wärmestrom, beheizt	10	20
Horizontal gerichteter Wärmestrom, beheizt	7,692	20
Horizontal gerichteter Wärmestrom, unbeheizt	7,692	5
Horizontal gerichteter Wärmestrom, Außenb.	25	-5
Horizontal gerichteter Wärmestrom, Außenb., hinterlüftet	7,692	-5
Hinterlüftete Dachflächen	10	-5

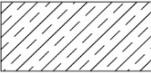
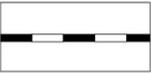
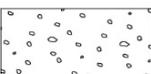
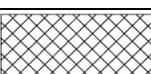
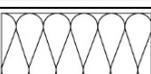
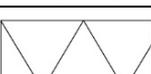
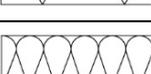
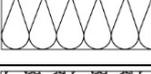


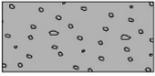
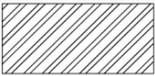
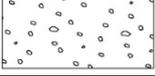
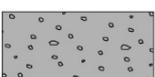
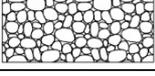
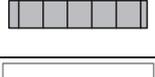
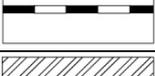
### 2.5.3 Ökologische Baustoffkennwerte

Definition des eoL-Szenarios je Baustoff dargestellt. Datengrundlage ist die Ökobaudat 2011. Auf ihr basieren die Berechnungen in Kapitel 3.

In Tab. 2-16 sind die verwendeten Ökodaten und die

Tab. 2-16 Verwendete Ökodaten und Definition des eoL-Szenarios je Baustoff (Eigene Darstellung nach Ökobaudat 2011, o.J.)

Schraffur Vectorworks	Baustoff	Ökodaten Ökobaudat 2011	End of Life
-	Aluminiumblech	4.3.01 Aluminiumblech 4.7.01 Eloxieren von Aluminium	4.8.01 Recyclingpotential - Aluminium (Blech und Profile)
	Beton, bewehrt nach DIN EN 206	1.4.01 Transportbeton C20/25 4.1.02 Bewehrungsstahl (Stahlanteil gem. Statik)	Transportbeton: 9.5.01 Bauschutttaufbereitung Bewehrungsstahl: Kein eoL Szenario (Herstellung aus Recyclingstahl)
	Beton, unbewehrt nach DIN EN 206	1.4.01 Transportbeton C20/25	9.5.01 Bauschutttaufbereitung
	Bitumenbahnen nach DIN EN 13707	6.3.01 Bitumenbahn V 60	9.5.04 Verbrennung Hausmüll
	BFU-Platte nach DIN EN 13986, DIN EN 636	3.2.02 Sperrholzplatte	3.4.03 End of life - Holzwerkstoffe in MVA
	Dämmung EPS nach DIN EN 13163	2.2.01 EPS W/D 035 - IVH	2.22.06 End of life - EPS Wand und Boden - IVH
	Dämmung Holzfaser nach DIN EN 13171	2.10.01 Holzfaserdämmplatte Mix (Trockenverfahren)	2.22.01 End of life - Holzfaserdämmplatte
	Dämmung Holzfaser nach DIN EN 13171, DIN EN 622-4	2.10.01 Holzfaserdämmplatte Mix (Trockenverfahren)	2.22.01 End of life - Holzfaserdämmplatte
	Dämmung Mineralwolle nach DIN EN 13162	2.1.01 Mineralwolle (Fassaden- bzw. Innenausbau- bzw. Schrägdach-Dämmung)	9.5.02 Bauschuttdeponierung
	Dämmung PU nach DIN EN 13165	2.4.03 PU-Dämmplatte (PU Blockschaum, 15 cm) - IVPU	6.8.01 Verbrennung PS in MVA inkl. Gutschrift
	Dämmung XPS nach DIN EN 13164	2.3.1 XPS-Dämmstoff	6.8.01 Verbrennung PS in MVA inkl. Gutschrift
	Dämmung Zellulose, lose	2.11.01 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff	2.22.01 End of life - Holzfaserdämmplatte
	Erdreich (Sand, Kies)	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
	Estrich (Asphaltestrich)	1.5.02 Gussasphalt	9.5.04 Verbrennung Hausmüll
	Estrich (Zementestrich)	1.4.03 Zementestrich - IWM	9.5.01 Bauschutttaufbereitung

Schraffur Vectorworks	Baustoff	Ökodaten Ökobaudat 2011	End of Life
	Faserzementplatten	1.3.12 Faserzement Fassadentafeln beschichtet Textura/Natura - Eternit	9.5.01 Bauschutttaufbereitung
	Fliesen	1.3.07 Steinzeugfliesen glasiert	9.5.01 Bauschutttaufbereitung
	GF-Platte nach DIN EN 15283	1.3.13 Gipsfaserplatte	9.5.01 Bauschutttaufbereitung
	GKF-Platte nach DIN 18180, DIN EN 520	1.3.13 Gipskartonplatte (Feuerschutz bzw. imprägniert)	9.5.01 Bauschutttaufbereitung
	Holzfaserplatte (Spanplatte), zementgebunden	3.2.08 Holzzementplatte Duripanel - Eternit	9.5.04 Verbrennung Hausmüll
	Holzverschalung	3.1.01 Schnittholz Lärche (12% Feuchte/10,7% H2O)	3.4.03 End of life - Holz naturbelassen in MVA
	HWS-Platte (OSB) nach DIN EN 13986, DIN EN 300, DIN EN 12369-1	3.2.04 OSB (Durchschnitt)	3.4.02 End of life – OSB (Durchschnitt)
	HWS-Platte (MDF) nach DIN EN 13986, DIN EN 622-5, DIN EN 12369-1	3.2.07 MDF - Egger	3.4.04 End of life - MDF - Egger
	HWS-Platte (Spanplatte) nach DIN EN 13986, DIN EN 312, DIN EN 12369-1	3.2.06 Spanplatte (Durchschnitt)	3.4.01 End of life – Spanplatte (Durchschnitt)
	Kies (Flachdach)	1.2.01 Kies 2/32	9.5.01 Bauschutttaufbereitung
	KVH nach DIN EN 338	3.1.02 Konstruktionsvollholz	3.4.03 End of life – Holz naturbelassen in MVA
	BSH nach DIN 14080	3.1.04 Brettschichtholz Nadelholz	
	LSL nach Z-9.1-323	3.2.06 Spanplatte (Durchschnitt)	3.4.01 End of life – Spanplatte (Durchschnitt)
	Luftdichtung/ Dampfbremse	6.6.02 Dampfbremse PE	6.8.01 Verbrennung Kunststoff in MVA incl. Gutschrift
	Parkett	3.3.02 Mehrschichtparkett	3.4.03 End of life – Holz naturbelassen in MVA
	Putz (Kalk- und Kalkzementputz)	2.21.01 WDVS Verklebung und Beschichtung Dekorputz mineralisch 2.21.01 WDVS Verklebung und Beschichtung Kratzputz mineralisch	9.5.02 Bauschutt-Deponierung



Schraffur Vectorworks	Baustoff	Ökodaten Ökobaudat 2011	End of Life
	Putzträgerplatte nach DIN EN 12467, DIN EN 12467, Z- 31.4-183	1.3.12 Faserzement Bauplatte Bluclad - Eternit	9.5.01 Bauschuttzubereitung
	Stahlwinkel	4.1.03 Stahlprofil	4.8.09 Recyclingpotential Stahlprofil
	TSD WLS 040 nach DIN EN 13163	2.10.01 Holzfaserdämmplatte Mix (Trockenverfahren)	2.22.01 End of life - Holzfaserdämmplatte
	Wassersperrschicht/ Feuchteschutzbahn	6.3.03 Dachbahnen EPDM	6.8.01 Verbrennung Kunststoff in MVA incl. Gutschrift
	Zementgeb., glasfaserbewehrte Sandwichplatte nach Z-31.1-176	1.3.04 Leichtbetonelemente – BV Leichtbeton	9.5.01 Bauschuttzubereitung
	Zementmörtel nach DIN EN 413	1.1.01 Zement (Durchschnitt)	9.5.01 Bauschuttzubereitung

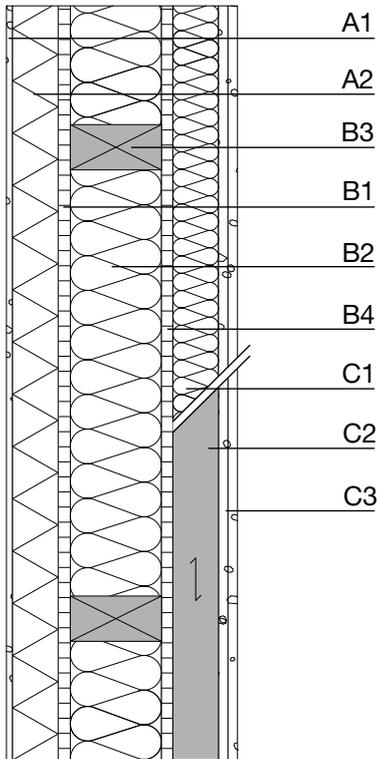




### 3 Bauteile

#### 3.1 Wandaufbauten

##### 3.1.1 WA1-1 - Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene – MW-Dämmung bis GK 5



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,153
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	820
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	45 (-1;-6)
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Mit: r ≥ 20 kPa·s/m²; s' < 60 MN/m³ der WDVS-Dämmplatten, Wand im Ständerraster von 62,5 cm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach  
(DIN 4109-33, 2016, Tabelle 6, Zeile 6)

Abb. 3-2 WA1-1 - Übersicht bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-1 Horizontalschnitt Wandaufbau WA1-1, M 1:10

Tab. 3-1 WA1-1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Wärmedämmverbundsystem							
A1	8	Verklebung und Beschichtung Dekorputz mineralisch	1,000	15/35	1800	1000	A2-s1, d0
A2	60	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	
Kernelement							
B1	16	MDF-Platte	0,100	5/10	600	1700	D-s2, d0
B2	120	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
B3	60/120	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C3	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-2 WA1-1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	633,21	596,74	-10,11	1,37E-06	1,84E-02	1,51E-01	2,49E-02	2,71E-01
Entsorgung	-504,03	-12,92	20,95	-1,01E-06	-1,62E-03	8,34E-03	2,99E-03	-2,18E-01
Instandhaltung	149,95	9,71	12,25	1,21E-08	4,84E-03	3,98E-02	5,67E-03	6,70E-02
Gesamt	279,13	593,54	23,09	3,81E-07	2,16E-02	1,99E-01	3,35E-02	1,20E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	35%	509,78	85%

Tab. 3-3 WA1-1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Wärmedämmverbundsystem (Dekorputz ca. 8mm)								
Herstellung	146,00	9,42	11,81	1,19E-08	4,60E-03	3,79E-02	5,40E-03	6,52E-02
Entsorgung	3,96	0,29	0,45	2,23E-10	2,34E-04	1,87E-03	2,63E-04	1,81E-03
Instandhaltung	149,95	9,71	12,25	1,21E-08	4,84E-03	3,98E-02	5,67E-03	6,70E-02
Gesamt	299,91	19,42	24,51	2,42E-08	9,68E-03	7,95E-02	1,13E-02	1,34E-01
Kernelement								
Herstellung	367,31	520,92	-23,65	1,35E-06	1,18E-02	9,11E-02	1,59E-02	1,52E-01
Entsorgung	-473,18	-10,50	17,16	-1,00E-06	-1,67E-03	8,35E-03	2,85E-03	-2,05E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-105,86	510,42	-6,49	3,52E-07	1,01E-02	9,95E-02	1,88E-02	-5,38E-02
Installationsebene								
Herstellung	119,90	66,41	1,74	9,53E-09	2,03E-03	2,18E-02	3,50E-03	5,43E-02
Entsorgung	-34,81	-2,71	3,34	-5,11E-09	-1,83E-04	-1,88E-03	-1,17E-04	-1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	85,09	63,70	5,08	4,42E-09	1,85E-03	1,99E-02	3,38E-03	3,98E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>76,78</b>				

Tab. 3-4 WA1-1 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m<sup>2</sup> Wandfläche

Wärmedämmverbundsystem (Kratzputz ca. 15mm)								
Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	159,36	11,96	14,80	1,27E-08	4,70E-03	3,91E-02	6,47E-03	7,12E-02
Entsorgung	7,44	0,55	0,84	4,19E-10	4,41E-04	3,52E-03	4,94E-04	3,41E-03
Instandhaltung	166,81	12,51	15,64	1,32E-08	5,14E-03	4,26E-02	6,96E-03	7,46E-02
Gesamt	333,61	25,03	31,28	2,63E-08	1,03E-02	8,52E-02	1,39E-02	1,49E-01
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>94,61</b>				

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Ferner sind folgende bauteilspezifischen Eigenschaften zu beachten:

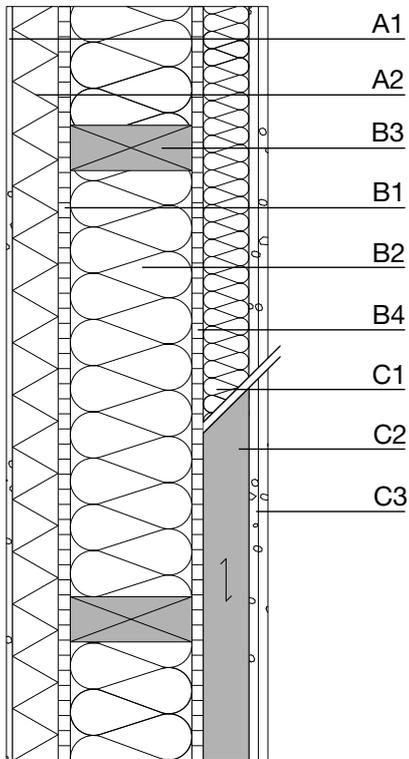
Der Tauwasserausfall befindet sich in der Putzschicht des WDV. Dies kann durch abgestimmte WDV-Systeme (diffusionsoffen nach Herstellerzulassungen) reduziert oder verhindert werden.

Tab. 3-4 stellt die ökologische Bewertung eines alternativen WDV mit Kratzputz dar. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte des WDV in Tab. 3-3 durch diese zu ersetzen.



### 3.1.2 WA1-2 - Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene – Nachwachsende Dämmung

bis GK 3



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,153
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	306
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	45 (-1;-6)
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Mit: r ≥ 20 kPa·s/m²; s' < 60 MN/m³ der WDVS-Dämmplatten, Wand im Ständer raster von 62,5 cm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach  
(DIN 4109-33, 2016, Tabelle 6, Zeile 6)

Abb. 3-4 WA1-2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-3 Horizontalschnitt Wandaufbau WA1-2, M 1:10

Tab. 3-5 WA1-2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Wärmedämmverbundsystem							
A1	8	Verklebung und Beschichtung Dekorputz mineralisch	1,000	15/35	1800	1000	B-s1, d0
A2	60	Holzfaserdämmplatte WLS 045	0,045	3/5	40-250	2000	
Kernelement							
B1	16	MDF	0,100	5/10	600	1700	D-s2, d0
B2	160	Dämmung Zellulose, lose WLS 040	0,040	2/2	20-60	1600	B-s2,d0
B3	60/160	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C3	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-6 WA1-2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	974,66	1020,30	-33,26	1,84E-06	2,07E-02	1,55E-01	2,59E-02	4,33E-01
Entsorgung	-1037,60	-20,42	31,36	-2,17E-06	-4,41E-03	-1,31E-02	-4,75E-05	-4,53E-01
Instandhaltung	162,12	207,58	10,14	-1,65E-07	5,90E-03	4,51E-02	6,51E-03	7,80E-02
Gesamt	99,22	1207,40	8,25	-4,94E-07	2,22E-02	1,87E-01	3,24E-02	5,81E-02

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	44%	777,13	76%

Tab. 3-7 WA1-2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Wärmedämmverbundsystem (Dekorputz ca. 8mm)								
Herstellung	343,95	209,35	6,66	2,59E-07	6,61E-03	5,04E-02	7,29E-03	1,58E-01
Entsorgung	-181,83	-1,77	3,48	-4,24E-07	-7,10E-04	-5,26E-03	-7,82E-04	-8,00E-02
Instandhaltung	162,12	207,58	10,14	-1,65E-07	5,90E-03	4,51E-02	6,51E-03	7,80E-02
Gesamt	324,24	415,17	20,29	-3,31E-07	1,18E-02	9,03E-02	1,30E-02	1,56E-01
Kernelement								
Herstellung	312,48	562,70	-38,70	1,35E-06	9,57E-03	6,27E-02	1,24E-02	1,28E-01
Entsorgung	-653,17	-14,10	21,78	-1,36E-06	-2,67E-03	3,89E-04	1,78E-03	-2,84E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-340,70	548,60	-16,92	-8,77E-09	6,90E-03	6,31E-02	1,41E-02	-1,56E-01
Installationsebene								
Herstellung	318,23	248,23	-1,22	2,35E-07	4,49E-03	4,14E-02	6,25E-03	1,47E-01
Entsorgung	-202,55	-4,56	6,10	-3,89E-07	-1,02E-03	-8,23E-03	-1,05E-03	-8,83E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	115,67	243,67	4,88	-1,54E-07	3,47E-03	3,32E-02	5,20E-03	5,84E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>91,00</b>				

Tab. 3-8 WA1-2 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m<sup>2</sup> Wandfläche

Wärmedämmverbundsystem (Kratzputz ca. 15mm)								
Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	357,32	211,90	9,66	2,60E-07	6,70E-03	5,16E-02	8,35E-03	1,64E-01
Entsorgung	-178,35	-1,51	3,87	-4,24E-07	-5,04E-04	-3,62E-03	-5,50E-04	-7,84E-02
Instandhaltung	178,97	210,39	13,53	-1,64E-07	6,19E-03	4,80E-02	7,80E-03	8,56E-02
Gesamt	357,94	420,77	27,06	-3,29E-07	1,24E-02	9,59E-02	1,56E-02	1,71E-01
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>108,83</b>				

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Ferner sind folgende bauteilspezifischen Eigenschaften zu beachten:

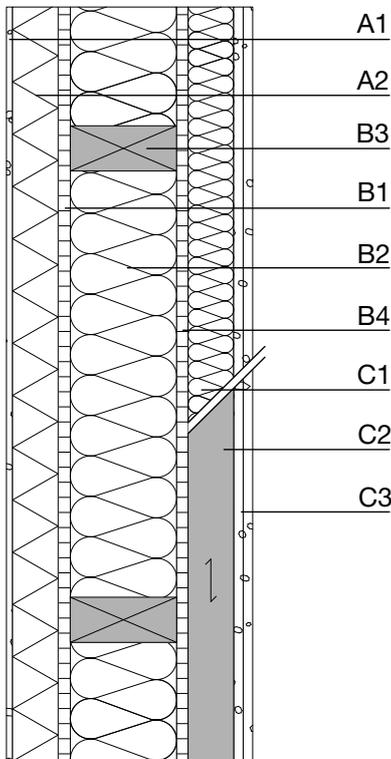
Der Tauwasserausfall befindet sich in der Putzschicht des WDVS. Dies kann durch abgestimmte WDV-Systeme reduziert oder verhindert werden.

Tab. 3-8 stellt die ökologische Bewertung eines alternativen WDVS mit Kratzputz dar. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte des WDVS in Tab. 3-7 durch diese zu ersetzen.



### 3.1.3 WA1-3 - Holzkonstruktion, WDVS, mit Installationsebene – MW- und nachwachsende

#### Dämmung bis GK 5



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,150
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	294
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	45 (-1;-6)
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Mit: r ≥ 20 kPa·s/m²; s' < 60 MN/m³ der WDVS-Dämmplatten, Wand im Ständerraster von 62,5 cm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (DIN 4109-33, 2016, Tabelle 6, Zeile 6)

Abb. 3-6 WA1-3 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-5 Horizontalschnitt Wandaufbau WA1-3, M 1:10

Tab. 3-9 WA1-3 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Wärmedämmverbundsystem							
A1	8	Verklebung und Beschichtung Dekorputz mineralisch	1,000	15/35	1800	1000	A2-s1, d0
A2	60	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	
Kernelement							
B1	16	MDF	0,100	5/10	600	1700	D-s2, d0
B2	140	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	3/3	110	2000	E
B3	60/140	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C3	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-10 WA1-3 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1075,70	1039,90	-21,13	1,90E-06	2,33E-02	1,85E-01	2,98E-02	4,78E-01
Entsorgung	-908,10	-18,16	28,42	-1,90E-06	-3,70E-03	-7,54E-03	7,17E-04	-3,96E-01
Instandhaltung	149,95	9,71	12,25	1,21E-08	4,84E-03	3,98E-02	5,67E-03	6,70E-02
Gesamt	317,52	1031,40	19,54	8,41E-09	2,44E-02	2,17E-01	3,62E-02	1,49E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	49%	845,49	81%

Tab. 3-11 WA1-3 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Wärmedämmverbundsystem (Dekorputz ca. 8mm)								
Herstellung	146,00	9,42	11,81	1,19E-08	4,60E-03	3,79E-02	5,40E-03	6,52E-02
Entsorgung	3,96	0,29	0,45	2,23E-10	2,34E-04	1,87E-03	2,63E-04	1,81E-03
Instandhaltung	149,95	9,71	12,25	1,21E-08	4,84E-03	3,98E-02	5,67E-03	6,70E-02
Gesamt	299,91	19,42	24,51	2,42E-08	9,68E-03	7,95E-02	1,13E-02	1,34E-01
Kernelement								
Herstellung	809,77	964,05	-34,68	1,88E-06	1,66E-02	1,26E-01	2,10E-02	3,58E-01
Entsorgung	-877,24	-15,75	24,64	-1,90E-06	-3,75E-03	-7,53E-03	5,71E-04	-3,83E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-67,47	948,31	-10,04	-2,02E-08	1,29E-02	1,18E-01	2,15E-02	-2,48E-02
Installationsebene								
Herstellung	119,90	66,41	1,74	9,53E-09	2,03E-03	2,18E-02	3,50E-03	5,43E-02
Entsorgung	-34,81	-2,71	3,34	-5,11E-09	-1,83E-04	-1,88E-03	-1,17E-04	-1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	85,09	63,70	5,08	4,42E-09	1,85E-03	1,99E-02	3,38E-03	3,98E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>89,27</b>				

Tab. 3-12 WA1-3 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m<sup>2</sup> Wandfläche

Wärmedämmverbundsystem (Kratzputz ca. 15mm)								
Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	159,36	11,96	14,80	1,27E-08	4,70E-03	3,91E-02	6,47E-03	7,12E-02
Entsorgung	7,44	0,55	0,84	4,19E-10	4,41E-04	3,52E-03	4,94E-04	3,41E-03
Instandhaltung	166,81	12,51	15,64	1,32E-08	5,14E-03	4,26E-02	6,96E-03	7,46E-02
Gesamt	333,61	25,03	31,28	2,63E-08	1,03E-02	8,52E-02	1,39E-02	1,49E-01
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>107,10</b>				

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Ferner sind folgende bauteilspezifischen Eigenschaften zu beachten:

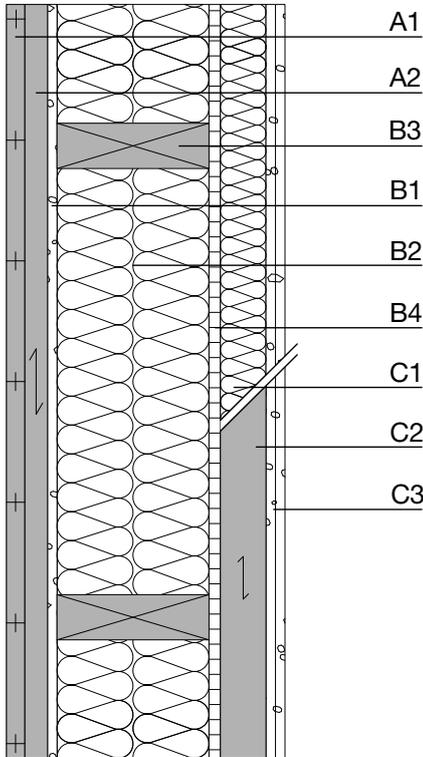
Der Tauwasserausfall befindet sich in der Putzschicht des WDVS. Dies kann durch abgestimmte WDV-Systeme reduziert oder verhindert werden.

Tab. 3-12 stellt die ökologische Bewertung eines alternativen WDVS mit Kratzputz dar. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte des WDVS in Tab. 3-11 durch diese zu ersetzen.



### 3.1.4 WA2-1 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, mit Installationsebene – MW-Dämmung

bis GK5



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,154
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	305
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	47 (-2;-7)
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Wand mit Ständeraster von 62,5 cm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (Rabold, & Hessinger, & Bacher, 2006)

Abb. 3-8 WA2-1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-7 Horizontalschnitt Wandaufbau WA2-1, M 1:10

Tab. 3-13 WA2-1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fassade							
A1	24	Lärchenholz, unbehandelt Brandsperren geschossweise (z.B. 1 mm Stahlblech)	-	-	-	-	D-s2, d0
A2	30/50	Konstruktionsvollholz	-	-	-	-	D-s2, d0
Kernelement							
B1	12,5	GKF-Platte, imprägniert	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0
B2	200	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
B3	60/200	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C3	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-14 WA2-1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	700,26	816,66	-32,59	4,88E-07	1,61E-02	1,64E-01	2,11E-02	3,10E-01
Entsorgung	-572,65	-30,75	35,94	-4,48E-07	-4,43E-03	-3,52E-02	-2,73E-03	-2,45E-01
Instandhaltung	0,00	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesamt	127,61	785,92	3,35	3,98E-08	1,17E-02	1,29E-01	1,84E-02	6,47E-02

Holzanteil	Gewichts- anteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	47%	739,93	91%

Tab. 3-15 WA2-1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fassade Lärchenschalung</b>								
Herstellung	188,45	327,23	-21,41	5,64E-08	4,62E-03	4,12E-02	4,29E-03	8,40E-02
Entsorgung	-231,19	-15,72	16,19	3,79E-08	-2,53E-03	-2,13E-02	-1,92E-03	-9,97E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-42,74	311,52	-5,22	9,43E-08	2,09E-03	1,98E-02	2,37E-03	-1,58E-02
<b>Kernelement</b>								
Herstellung	391,91	423,02	-12,92	4,22E-07	9,48E-03	1,01E-01	1,34E-02	1,72E-01
Entsorgung	-306,65	-12,32	16,41	-4,81E-07	-1,72E-03	-1,20E-02	-6,95E-04	-1,31E-01
Instandhaltung	0,00	0,00	0,00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
Gesamt	85,27	410,70	3,49	-5,89E-08	7,76E-03	8,93E-02	1,26E-02	4,07E-02
<b>Installationsebene</b>								
Herstellung	119,90	66,41	1,74	9,53E-09	2,03E-03	2,18E-02	3,50E-03	5,43E-02
Entsorgung	-34,81	-2,71	3,34	-5,11E-09	-1,83E-04	-1,88E-03	-1,17E-04	-1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	85,09	63,70	5,08	4,42E-09	1,85E-03	1,99E-02	3,38E-03	3,98E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>82,36</b>				



Tab. 3-16 WA2-1 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Fassade Eternit								
Herstellung	205,07	78,52	10,83	1,23E-06	7,23E-03	6,49E-02	5,43E-03	8,62E-02
Entsorgung	-14,34	-1,13	1,39	-2,12E-09	-6,91E-05	-7,06E-04	-3,29E-05	-5,97E-03
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	190,73	77,39	12,22	1,22E-06	7,16E-03	6,42E-02	5,39E-03	8,02E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>80,09</b>				

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	28%	435,17	77%

Fassade Aluminium, eloxiert								
Herstellung	989,51	288,45	70,46	1,49E-06	2,06E-02	3,18E-01	1,85E-02	3,83E-01
Entsorgung	-667,95	-180,65	-53,46	-6,14E-07	-1,73E-02	-3,10E-01	-1,46E-02	-2,70E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	321,57	107,80	17,00	8,72E-07	3,29E-03	8,23E-03	3,91E-03	1,12E-01
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>71,87</b>				

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	32%	435,17	56%

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normgrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

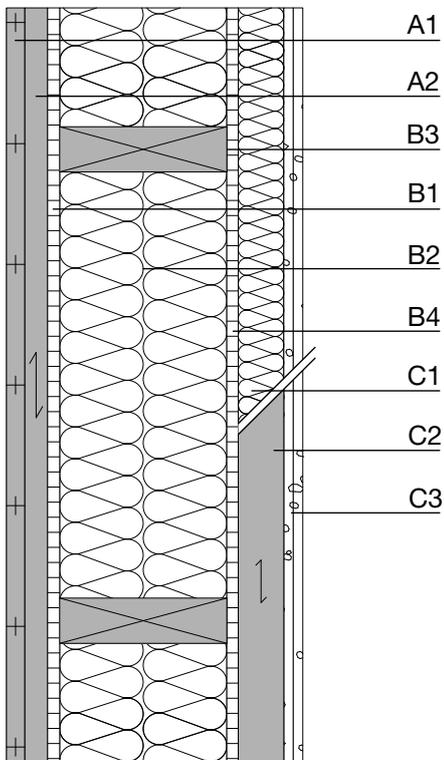
Tab. 3-16 stellt die ökologische Bewertung von zwei alternativen Fassadenbekleidungen dar: eine Fassade aus Eternit und eine aus Aluminium. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte der Fassade in Tab. 3-15 durch die der jeweiligen Fassade zu ersetzen. Die alternativen Fassaden können auch auf die Wandelemente WA2-2, WA2-3 und WA3-1 bis WA3-3 übertragen werden.





### 3.1.5 WA2-2 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, mit Installationsebene – Nachwachsende

#### Dämmung bis GK3



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,155
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	kein Kondensat
<b>Schallschutz</b>	$R_w$ (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	47 (-2;-7)
	$L_{n,w}$ (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Wand mit Ständeraster von 62,5 cm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (Rabold, & Hessinger, & Bacher, 2006)

Abb. 3-10 WA2-2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-9 Horizontalschnitt Wandaufbau WA2-2, M 1:10

Tab. 3-17 WA2-2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	$\lambda$ [W/m·K]	$\mu$ min/max [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fassade							
A1	24	Lärchenholz, unbehandelt	-	-	-	-	D-s2, d0
A2	30/50	Konstruktionsvollholz	-	-	-	-	D-s2, d0
Kernelement							
B1	16	MDF	0,100	5/10	600	1700	D-s2, d0
B2	220	Dämmung Zellulose, lose WLS 040	0,040	2/2	20-60	1600	B-s2,d0
B3	60/220	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C3	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-18 WA2-2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	582,61	1018,40	-69,76	1,42E-06	1,40E-02	1,14E-01	1,94E-02	2,47E-01
Entsorgung	-985,20	-35,80	47,61	-1,53E-06	-4,81E-03	-2,03E-02	-1,27E-04	-4,24E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-402,59	982,63	-22,15	-1,14E-07	9,20E-03	9,32E-02	1,93E-02	-1,78E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	62%	984,94	97%

Tab. 3-19 WA2-2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fassade Lärchenschalung</b>								
Herstellung	118,31	325,57	-26,49	5,36E-08	1,89E-03	2,27E-02	2,75E-03	5,07E-02
Entsorgung	-203,27	-15,59	18,27	-2,90E-08	-1,43E-03	-1,42E-02	-1,26E-03	-8,51E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-84,96	309,99	-8,22	2,46E-08	4,63E-04	8,50E-03	1,49E-03	-3,44E-02
<b>Kernelement</b>								
Herstellung	344,40	626,45	-45,01	1,35E-06	1,01E-02	6,91E-02	1,32E-02	1,42E-01
Entsorgung	-747,11	-17,51	26,01	-1,50E-06	-3,20E-03	-4,24E-03	1,25E-03	-3,25E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-402,71	608,95	-19,00	-1,43E-07	6,89E-03	6,48E-02	1,44E-02	-1,83E-01
<b>Installationsebene</b>								
Herstellung	119,90	66,41	1,74	9,53E-09	2,03E-03	2,18E-02	3,50E-03	5,43E-02
Entsorgung	-34,81	-2,71	3,34	-5,11E-09	-1,83E-04	-1,88E-03	-1,17E-04	-1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	85,09	63,70	5,08	4,42E-09	1,85E-03	1,99E-02	3,38E-03	3,98E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>82,77</b>				

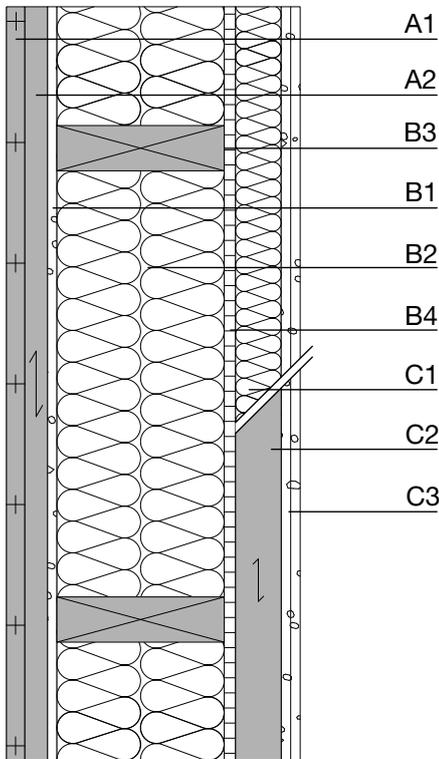
### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Tab. 3-16 stellt die ökologische Bewertung von zwei alternativen Fassadenbekleidungen dar: eine Fassade aus Eternit und eine aus Aluminium. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte der Fassade in Tab. 3-19 durch die der jeweiligen Fassade zu ersetzen.



### 3.1.6 WA2-3 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, mit Installationsebene – MW- und nachwachsende Dämmung bis GK5



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,154
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	kein Kondensat
<b>Schallschutz</b>	$R_w$ (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	47 (-2;-7)
	$L_{n,w}$ (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Wand mit Ständeraster von 62,5 cm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (Rabold, & Hessinger, & Bacher, 2006)

Abb. 3-12 WA2-3 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-11 Horizontalschnitt Wandaufbau WA2-3, M 1:10

Tab. 3-20 WA2-3 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	$\lambda$ [W/m·K]	$\mu$ min/max [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fassade							
A1	24	Lärchenholz, unbehandelt Brandsperren geschossweise (z.B. 1 mm Stahlblech)	-	-	-	-	D-s2, d0
A2	30/50	Konstruktionsvollholz	-	-	-	-	D-s2, d0
Kernelement							
B1	12,5	GKF-Platte, imprägniert	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0
B2	220	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
B3	60/220	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C3	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-21 WA2-3 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1381,80	1500,80	-49,78	1,31E-06	2,34E-02	2,14E-01	2,84E-02	6,29E-01
Entsorgung	-1200,80	-38,47	47,06	-1,86E-06	-7,66E-03	-5,97E-02	-6,27E-03	-5,22E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	181,03	1462,30	-2,72	-5,46E-07	1,58E-02	1,54E-01	2,21E-02	1,07E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	65%	1256,27	84%

Tab. 3-22 WA2-3 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fassade</b>								
Herstellung	188,45	327,23	-21,41	5,64E-08	4,62E-03	4,12E-02	4,29E-03	8,40E-02
Entsorgung	-231,19	-15,72	16,19	3,79E-08	-2,53E-03	-2,13E-02	-1,92E-03	-9,97E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-42,74	311,52	-5,22	9,43E-08	2,09E-03	1,98E-02	2,37E-03	-1,58E-02
<b>Kernelement</b>								
Herstellung	1073,43	1107,20	-30,11	1,24E-06	1,68E-02	1,51E-01	2,06E-02	4,90E-01
Entsorgung	-934,78	-20,04	27,54	-1,89E-06	-4,94E-03	-3,65E-02	-4,23E-03	-4,07E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	138,69	1087,08	-2,57	-6,45E-07	1,18E-02	1,14E-01	1,63E-02	8,30E-02
<b>Installationsebene</b>								
Herstellung	119,90	66,41	1,74	9,53E-09	2,03E-03	2,18E-02	3,50E-03	5,43E-02
Entsorgung	-34,81	-2,71	3,34	-5,11E-09	-1,83E-04	-1,88E-03	-1,17E-04	-1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	85,09	63,70	5,08	4,42E-09	1,85E-03	1,99E-02	3,38E-03	3,98E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>100,92</b>				

### Bemerkungen:

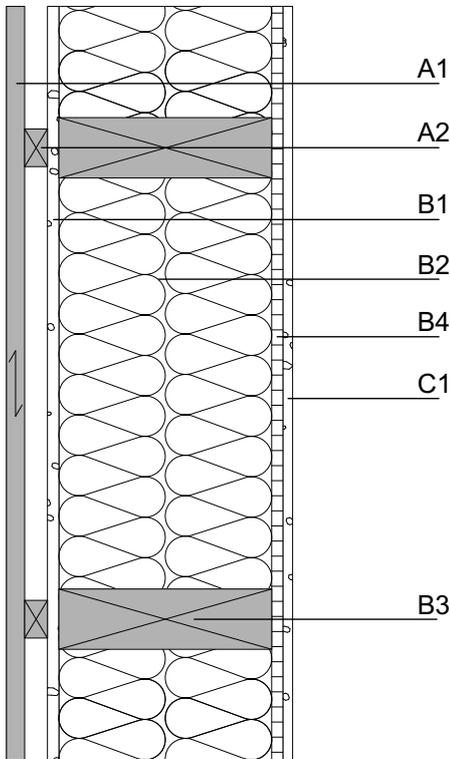
Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Tab. 3-16 stellt die ökologische Bewertung von zwei alternativen Fassadenbekleidungen dar: eine Fassade aus Eternit und eine aus Aluminium. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte der Fassade in Tab. 3-22 durch die der jeweiligen Fassade zu ersetzen.



### 3.1.7 WA3-1 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, ohne Installationsebene – MW-Dämmung

bis GK5



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,154
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	358
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	45 (-2;-8)
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Wand mit Ständeraster von 62, 5 cm		
Ständertiefe von 280 mm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (Rabold, & Hessinger, & Bacher, 2006) und (LSW, 2004)

Abb. 3-14 WA3-1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-13 Horizontalschnitt Wandaufbau WA3-1, M 1:10

Tab. 3-23 WA3-1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fassade							
A1	24	Lärchenholz, unbehandelt Brandsperren geschossweise (z.B. 1 mm Stahlblech)	-	-	-	-	D-s2, d0
A2	30/50	Konstruktionsvollholz	-	-	-	-	D-s2, d0
Kernelement							
B1	12,5	GKF-Platte, imprägniert	0,100	5/10	400	1000	A2-s1,d0
B2	280	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
B3	80/280	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Innerer Abschluss							
C1	12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-24 WA3-1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	739,89	932,71	-41,30	4,95E-07	1,73E-02	1,79E-01	2,25E-02	3,26E-01
Entsorgung	-641,13	-35,99	42,09	-4,58E-07	-4,92E-03	-4,00E-02	-3,17E-03	-2,74E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	98,76	896,73	0,79	3,73E-08	1,23E-02	1,39E-01	1,94E-02	5,16E-02

Holzanteil	Gewichts- anteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	56%	850,52	91%

Tab. 3-25 WA3-1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fassade</b>								
Herstellung	188,45	327,23	-21,41	5,64E-08	4,62E-03	4,12E-02	4,29E-03	8,40E-02
Entsorgung	-231,19	-15,72	16,19	3,79E-08	-2,53E-03	-2,13E-02	-1,92E-03	-9,97E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-42,74	311,52	-5,22	9,43E-08	2,09E-03	1,98E-02	2,37E-03	-1,58E-02
<b>Kernelement</b>								
Herstellung	517,56	603,81	-21,99	4,37E-07	1,23E-02	1,35E-01	1,74E-02	2,26E-01
Entsorgung	-410,47	-20,29	25,87	-4,96E-07	-2,42E-03	-1,90E-02	-1,30E-03	-1,75E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	107,09	583,52	3,88	-5,88E-08	9,81E-03	1,16E-01	1,61E-02	5,12E-02
<b>Innerer Abschluss</b>								
Herstellung	33,87	1,67	2,10	1,73E-09	4,26E-04	3,53E-03	8,38E-04	1,59E-02
Entsorgung	0,53	0,02	0,03	1,90E-11	2,69E-05	2,53E-04	4,43E-05	2,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	34,41	1,69	2,13	1,75E-09	4,53E-04	3,78E-03	8,82E-04	1,61E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>79,62</b>				

### Bemerkungen:

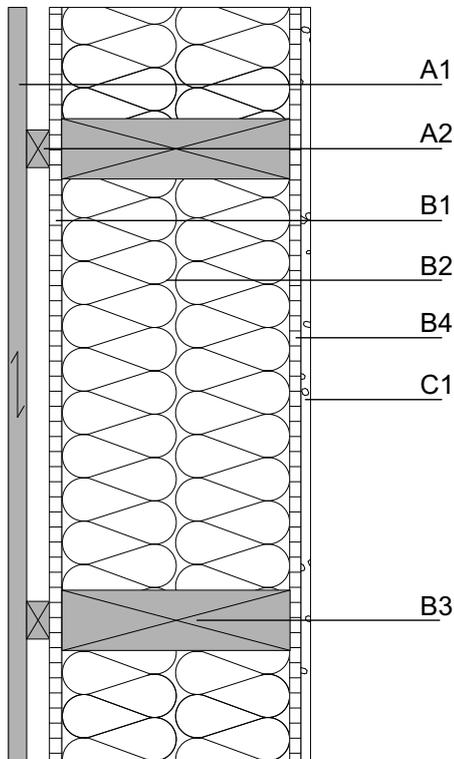
Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Tab. 3-16 stellt die ökologische Bewertung von zwei alternativen Fassadenbekleidungen dar: eine Fassade aus Eternit und eine aus Aluminium. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte der Fassade in Tab. 3-25 durch die der jeweiligen Fassade zu ersetzen.



### 3.1.8 WA3-2 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, ohne Installationsebene – Nachwachsende

#### Dämmung bis GK3



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,154
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	50
<b>Schallschutz</b>	$R_w$ (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	48 (-2;-7)
	$L_{n,w}$ (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Wand mit Ständerraster von 62, 5 cm		
Ständertiefe ≥ 300 mm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (LSW, 2004)

Abb. 3-16 WA3-2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-15 Horizontalschnitt Wandaufbau WA3-2, M 1:10

Tab. 3-26 WA3-2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	$\lambda$ [W/m·K]	$\mu$ min/max [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fassade							
A1	24	Lärchenholz, unbehandelt	-	-	-	-	D-s2, d0
A2	30/50	Konstruktionsvollholz	-	-	-	-	D-s2, d0
Kernelement							
B1	16	MDF	0,100	5/10	400	1700	D-s2, d0
B2	300	Dämmung Zellulose, lose WLS 040	0,040	2/2	20-60	1600	B-s2,d0
B3	80/300	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Innerer Abschluss							
C1	12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-27 WA3-2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	539,50	1038,70	-77,79	1,41E-06	1,31E-02	1,04E-01	1,78E-02	2,27E-01
Entsorgung	-1075,20	-37,62	49,94	-1,71E-06	-5,31E-03	-2,43E-02	-6,82E-04	-4,64E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-535,70	1001,10	-27,85	-2,96E-07	7,79E-03	7,94E-02	1,71E-02	-2,37E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	66%	956,06	92%

Tab. 3-28 WA3-2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fassade</b>								
Herstellung	118,31	325,57	-26,49	5,36E-08	1,89E-03	2,27E-02	2,75E-03	5,07E-02
Entsorgung	-203,27	-15,59	18,27	-2,90E-08	-1,43E-03	-1,42E-02	-1,26E-03	-8,51E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-84,96	309,99	-8,22	2,46E-08	4,63E-04	8,50E-03	1,49E-03	-3,44E-02
<b>Kernelement</b>								
Herstellung	387,31	711,47	-53,40	1,36E-06	1,08E-02	7,76E-02	1,41E-02	1,60E-01
Entsorgung	-872,46	-22,05	31,64	-1,68E-06	-3,91E-03	-1,04E-02	5,31E-04	-3,79E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-485,14	689,42	-21,76	-3,22E-07	6,87E-03	6,72E-02	1,47E-02	-2,18E-01
<b>Innerer Abschluss</b>								
Herstellung	33,87	1,67	2,10	1,73E-09	4,26E-04	3,53E-03	8,38E-04	1,59E-02
Entsorgung	0,53	0,02	0,03	1,90E-11	2,69E-05	2,53E-04	4,43E-05	2,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	34,41	1,69	2,13	1,75E-09	4,53E-04	3,78E-03	8,82E-04	1,61E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>75,59</b>				

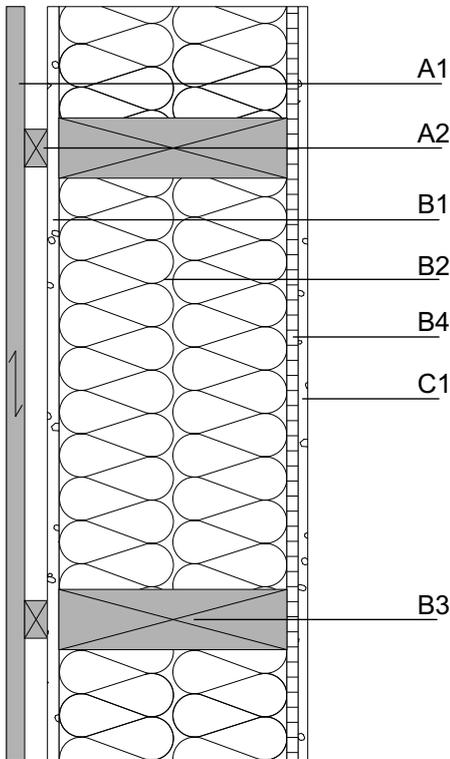
### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Tab. 3-16 stellt die ökologische Bewertung von zwei alternativen Fassadenbekleidungen dar: eine Fassade aus Eternit und eine aus Aluminium. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte der Fassade in Tab. 3-28 durch die der jeweiligen Fassade zu ersetzen.



### 3.1.9 WA3-3 - Holzkonstruktion, hinterlüftete Fassade, ohne Installationsebene – MW- und nachwachsende Dämmung bis GK5



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	EI	30
max. Elementhöhe 4,0 m (Einwirkende Lasten: Eigen- und Windlast)		
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,157
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	kein Kondensat
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	48 (-2;-7)
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Wand mit Ständerraster von 62, 5 cm		
Ständertiefe ≥ 300 mm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (LSW, 2004)

Abb. 3-18 WA3-3 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-17 Horizontalschnitt Wandaufbau WA3-3, M 1:10

Tab. 3-29 WA3-3 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fassade							
A1	24	Lärchenholz, unbehandelt Brandsperren geschossweise (z.B. 1 mm Stahlblech)	-	-	-	-	D-s2, d0
A2	30/50	Konstruktionsvollholz	-	-	-	-	D-s2, d0
Kernelement							
B1	12,5	GKF-Platte, imprägniert	0,100	5/10	400	1000	A2-s1,d0
B2	300	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
B3	80/300	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Innerer Abschluss							
C1	12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-30 WA3-3 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1629,70	1762,60	-56,65	1,61E-06	2,67E-02	2,41E-01	3,18E-02	7,44E-01
Entsorgung	-1436,90	-41,87	51,81	-2,37E-06	-8,88E-03	-6,92E-02	-7,62E-03	-6,25E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	192,77	1720,70	-4,84	-7,59E-07	1,78E-02	1,72E-01	2,42E-02	1,18E-01

Holzanteil	Gewichts- anteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	76%	1456,47	83%

Tab. 3-31 WA3-3 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fassade</b>								
Herstellung	188,45	327,23	-21,41	5,64E-08	4,62E-03	4,12E-02	4,29E-03	8,40E-02
Entsorgung	-231,19	-15,72	16,19	3,79E-08	-2,53E-03	-2,13E-02	-1,92E-03	-9,97E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-42,74	311,52	-5,22	9,43E-08	2,09E-03	1,98E-02	2,37E-03	-1,58E-02
<b>Kernelement</b>								
Herstellung	1407,34	1433,70	-37,35	1,55E-06	2,16E-02	1,97E-01	2,67E-02	6,44E-01
Entsorgung	-1206,27	-26,18	35,60	-2,41E-06	-6,38E-03	-4,82E-02	-5,75E-03	-5,26E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	201,10	1407,48	-1,75	-8,55E-07	1,52E-02	1,49E-01	2,09E-02	1,18E-01
<b>Innerer Abschluss</b>								
Herstellung	33,87	1,67	2,10	1,73E-09	4,26E-04	3,53E-03	8,38E-04	1,59E-02
Entsorgung	0,53	0,02	0,03	1,90E-11	2,69E-05	2,53E-04	4,43E-05	2,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	34,41	1,69	2,13	1,75E-09	4,53E-04	3,78E-03	8,82E-04	1,61E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>99,91</b>				

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Tab. 3-16 stellt die ökologische Bewertung von zwei alternativen Fassadenbekleidungen dar: eine Fassade aus Eternit und eine aus Aluminium. Um die ökologischen Gesamtwerte zu erhalten, sind die Werte der Fassade in Tab. 3-31 durch die der jeweiligen Fassade zu ersetzen.



### 3.1.10 WA4 - Außenwand aus Stahlbeton, WDVS

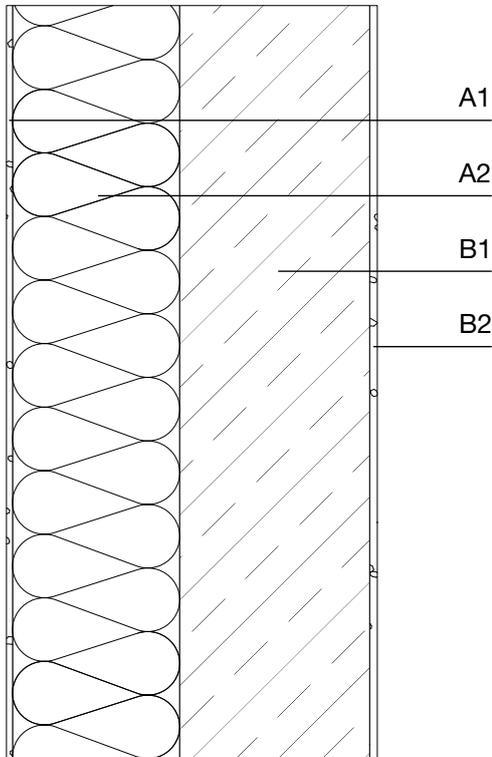


Abb. 3-19 Horizontalschnitt Wandaufbau WA4, M 1:10

Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	REI	≤ 90
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,152
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	kein Kondensat
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> [dB]	54
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Schalldämmwerte (Luftschalldämmung) ohne Nebenwegübertragungen; r ≥ 20 kPa·s/m²; s' < 30 MN/m³ der Dämmplatten, 100% Klebefläche ohne Dübel; Mineralfaser Putzträgerplatte (MFP)		
Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (DIN 4109-32, 2016, Abschnitt 4.1.4.2.2), (DIN 4109-34, 2016) und (Weber, & Brandstetter, 2003)		

Abb. 3-20 WA4 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Tab. 3-32 WA4 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Wärmedämmverbundsystem							
A1	8	Verklebung und Beschichtung Dekorputz mineralisch	1,000	15/35	1800	1000	A1
A2	220	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	
Tragstruktur und innerer Abschluss							
B1	250	Beton, bewehrt 2%	2,500	80/130	2500	1000	A1
B2	10	Putz (Kalk-Gips)	0,700	10/10	1400	1000	A1

Tab. 3-33 WA4 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	874,95	54,77	97,49	1,54E-06	2,39E-02	2,40E-01	3,07E-02	3,64E-01
Entsorgung	37,34	1,68	2,23	1,44E-09	1,93E-03	1,77E-02	3,01E-03	1,74E-02
Instandhaltung	289,83	17,60	24,09	2,51E-08	9,28E-03	9,73E-02	1,30E-02	1,29E-01
Gesamt	1202,10	74,05	123,81	1,57E-06	3,51E-02	3,55E-01	4,67E-02	5,11E-01

Tab. 3-34 WA4 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

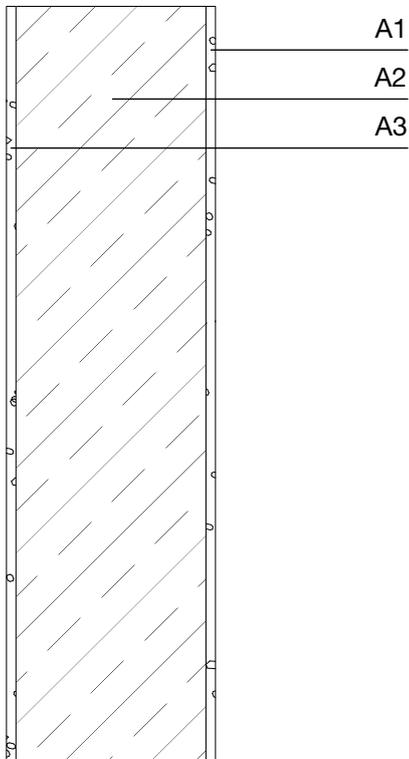
Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Wärmedämmverbundsystem								
Herstellung	284,42	17,20	23,48	2,48E-08	8,96E-03	9,47E-02	1,26E-02	1,27E-01
Entsorgung	5,41	0,40	0,61	3,04E-10	3,20E-04	2,56E-03	3,59E-04	2,47E-03
Instandhaltung	289,83	17,60	24,09	2,51E-08	9,28E-03	9,73E-02	1,30E-02	1,29E-01
Gesamt	579,66	35,20	48,18	5,01E-08	1,86E-02	1,95E-01	2,60E-02	2,59E-01
Tragstruktur								
Herstellung	559,01	36,22	70,88	1,51E-06	1,46E-02	1,42E-01	1,74E-02	2,23E-01
Entsorgung	31,18	1,25	1,58	1,11E-09	1,57E-03	1,48E-02	2,58E-03	1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	590,19	37,47	72,47	1,51E-06	1,62E-02	1,56E-01	2,00E-02	2,38E-01
Innerer Abschluss								
Herstellung	31,52	1,35	3,13	2,08E-09	3,75E-04	3,77E-03	6,15E-04	1,43E-02
Entsorgung	0,75	0,03	0,04	2,66E-11	3,77E-05	3,55E-04	6,21E-05	3,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	32,27	1,38	3,16	2,10E-09	4,13E-04	4,13E-03	6,77E-04	1,46E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>652,02</b>				

**Bemerkungen:**

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.



### 3.1.11 W11 - Trennwand aus Stahlbeton



Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	(R)EI	≤ 90
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	-
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	-
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> [dB]	64
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Schalldämmwerte (Luftschalldämmung) ohne Nebenwegübertragung		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (DIN 4109-32, 2016)

Abb. 3-22 W11 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Abb. 3-21 Horizontalschnitt Wandaufbau W11, 1:10

Tab. 3-35 W11 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Tragstruktur und innerer Abschluss							
A1	10	Putz (Kalk-Gipsputz)	0,700	10/10	1400	1000	A1
A2	250	Beton, bewehrt 2%	2,500	80/130	2500	1000	A1
A3	10	Putz (Kalk-Gipsputz)	0,700	10/10	1400	1000	A1

Tab. 3-36 W11 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	523,60	27,83	71,24	1,50E-06	1,37E-02	1,34E-01	1,74E-02	2,13E-01
Entsorgung	32,84	1,31	1,67	1,17E-09	1,65E-03	1,56E-02	2,72E-03	1,53E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	556,44	29,15	72,91	1,50E-06	1,54E-02	1,49E-01	2,01E-02	2,28E-01

Tab. 3-37 W11 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Innerer Abschluss (alternativ zu Installationsebene)								
Herstellung	31,52	1,35	3,13	2,08E-09	3,75E-04	3,77E-03	6,15E-04	1,43E-02
Entsorgung	0,75	0,03	0,04	2,66E-11	3,77E-05	3,55E-04	6,21E-05	3,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	32,27	1,38	3,16	2,10E-09	4,13E-04	4,13E-03	6,77E-04	1,46E-02
Tragstruktur								
Herstellung	460,56	25,13	64,99	1,50E-06	1,30E-02	1,26E-01	1,62E-02	1,84E-01
Entsorgung	31,34	1,25	1,59	1,11E-09	1,58E-03	1,48E-02	2,60E-03	1,46E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	491,90	26,38	66,58	1,50E-06	1,45E-02	1,41E-01	1,88E-02	1,99E-01
Innerer Abschluss (alternativ zu Installationsebene)								
Herstellung	31,52	1,35	3,13	2,08E-09	3,75E-04	3,77E-03	6,15E-04	1,43E-02
Entsorgung	0,75	0,03	0,04	2,66E-11	3,77E-05	3,55E-04	6,21E-05	3,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	32,27	1,38	3,16	2,10E-09	4,13E-04	4,13E-03	6,77E-04	1,46E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>631,59</b>				

**Bemerkungen:**

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.



## 3.2 Dachaufbauten

### 3.2.1 DA1 - Flachdach, massiv

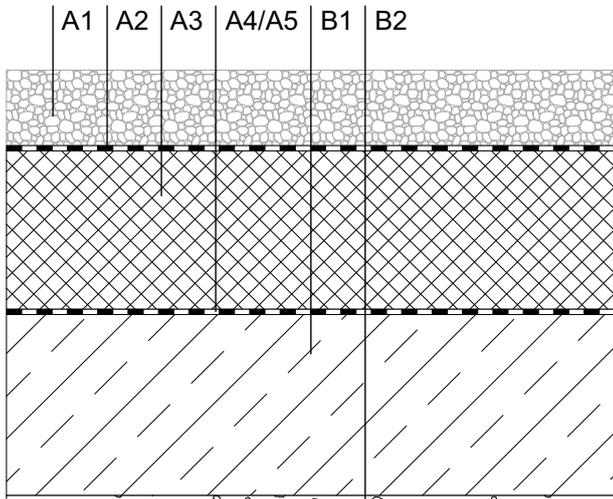


Abb. 3-23 Vertikalschnitt Flachdachaufbau DA1, M 1:10

Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	REI	≤ 90
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	0,160
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	kein Kondensat
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> [dB]	-
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Keine Angaben vorhanden		

Abb. 3-24 DA1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Tab. 3-38 DA1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Dachaufbau							
A1	-	Kies	-	-	-	-	A1
A2	-	Dachabdichtung Trennschicht / Dampfdruckausgleichsschicht	-	-	-	-	-
A3	210	Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
A4	4	Bitumenbahn	0,170	20000	1200	1000	E
A5	-	Bitumen-Voranstrich	-	-	-	-	E
Tragstruktur und Deckenuntersicht							
B1	240	Beton, bewehrt 2%	2,500	80/130	2500	1000	A1
B2	10	Putz (Kalk-Gipsputz)	0,700	10/10	1400	1000	A1

Tab. 3-39 DA1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Dachfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1665,90	62,92	106,65	1,59E-06	4,06E-02	2,19E-01	2,44E-02	7,33E-01
Entsorgung	-220,69	-18,86	17,10	-3,65E-08	-4,29E-05	-8,58E-04	1,23E-03	-9,02E-02
Instandhaltung	763,89	-2,30	46,09	8,73E-08	2,31E-02	4,97E-02	4,42E-03	3,68E-01
Gesamt	2209,10	41,76	169,83	1,64E-06	6,37E-02	2,68E-01	3,01E-02	1,01E+00

Tab. 3-40 DA1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Dachfläche der Dachbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Dachaufbau</b>								
Herstellung	1022,10	18,27	30,95	1,26E-07	2,50E-02	6,76E-02	6,15E-03	4,75E-01
Entsorgung	-251,26	-20,08	15,54	-3,75E-08	-1,58E-03	-1,53E-02	-1,30E-03	-1,05E-01
Instandhaltung	763,89	-2,30	46,09	8,73E-08	2,31E-02	4,97E-02	4,42E-03	3,68E-01
Gesamt	1534,70	-4,10	92,58	1,75E-07	4,65E-02	1,02E-01	9,26E-03	7,38E-01
<b>Tragstruktur</b>								
Herstellung	612,26	43,29	72,58	1,46E-06	1,53E-02	1,48E-01	1,77E-02	2,44E-01
Entsorgung	29,81	1,19	1,51	1,06E-09	1,50E-03	1,41E-02	2,47E-03	1,39E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	642,07	44,48	74,09	1,46E-06	1,68E-02	1,62E-01	2,01E-02	2,58E-01
<b>Deckenuntersicht</b>								
Herstellung	31,52	1,35	3,13	2,08E-09	3,75E-04	3,77E-03	6,15E-04	1,43E-02
Entsorgung	0,75	0,03	0,04	2,66E-11	3,77E-05	3,55E-04	6,21E-05	3,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	32,27	1,38	3,16	2,10E-09	4,13E-04	4,13E-03	6,77E-04	1,46E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>698,52</b>				

**Bemerkungen:**

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.



### 3.2.2 DA2 - Steildach, Holzkonstruktion

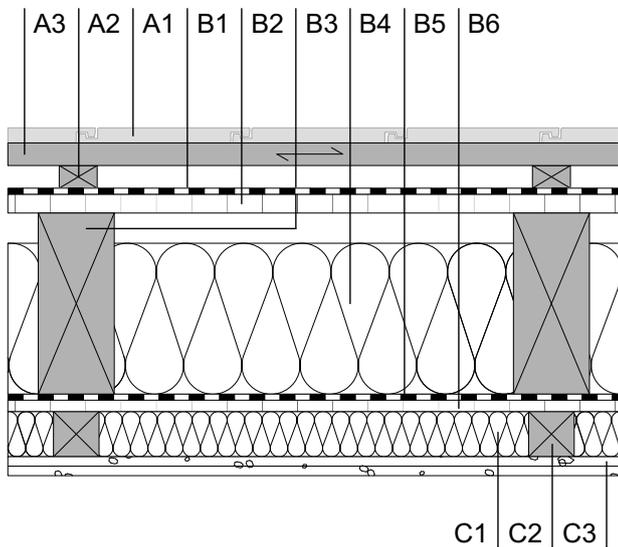


Abb. 3-25 Vertikalschnitt Steildachaufbau DA2, M 1:10

Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
Brandschutz	REI	30
Wärmeschutz	U [W/m²K]	0,159
Feuchteschutz	Kondensat [g/m²]	kein Kondensat
Schallschutz	$R_w$ (C;C <sub>tr</sub> )	52 (-4;-10)
	$L_{n,w}$ (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Sparrenabstand 62,5 cm; Sparrenhöhe ≥ 240 mm		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (LSW, 2004) und (DIN 4109-33, 2016)

Abb. 3-26 DA2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Tab. 3-41 DA2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)

	Dicke [mm]	Baustoff	$\lambda$ [W/m·K]	$\mu$ min/max [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Dachdeckung							
A1	-	Dachziegel	-	-	-	-	A1
A2	30	Lattung (KVH), b/h = 30/50 mm a ≈ 625 mm	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
A3	50	Konterlattung (KVH), a = 625 mm	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
Dachaufbau							
B1	-	Unterdeckbahn $s_d \leq 0,3$ m	-	-	-	-	
B2	24	Holzvollschalung	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B3	240	Sparren (KVH) (b/h=10/24 cm), a = 625 mm	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
B4	200	200 mm Dämmung Mineralwolle WLS 035, 40 mm Luftschicht ruhend	0,035	1/1	10-200	1030	A1
B5	-	Dampfbremse ( $s_d \geq 2$ in Verbindung mit B5)	-	-	-	-	-
B6	15	OSB-Platte	0,130	30/50	650	1700	D-s2, d0
Installationsebene							
C1	60	Installationsebene mit Dämmung Mineralwolle WLS 035	0,035	1/1	10-200	1030	A1
C2	60/60	Konstruktionsvollholz	0,130	20/50	500	1600	D-s2, d0
C2	2x12,5	GKF-Platte	0,250	4/10	900	1000	A2-s1,d0

Tab. 3-42 DA2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Dachfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	898,15	1006,30	-39,99	4,62E-07	1,78E-02	1,64E-01	2,01E-02	3,98E-01
Entsorgung	-647,97	-38,81	47,72	-5,36E-07	-3,94E-03	-3,44E-02	-2,57E-03	-2,74E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	250,17	967,51	7,73	-7,44E-08	1,38E-02	1,30E-01	1,75E-02	1,24E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	39%	911,61	91%

Tab. 3-43 DA2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Dachfläche der Dachbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Dachdeckung								
Herstellung	352,77	100,40	14,12	2,90E-08	7,32E-03	5,25E-02	4,97E-03	1,58E-01
Entsorgung	-52,64	-4,13	4,89	-7,79E-09	-2,66E-04	-2,67E-03	-1,46E-04	-2,19E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	300,12	96,26	19,00	2,12E-08	7,06E-03	4,98E-02	4,83E-03	1,36E-01
Dachaufbau								
Herstellung	425,48	839,51	-55,84	4,23E-07	8,41E-03	8,99E-02	1,16E-02	1,86E-01
Entsorgung	-560,52	-31,97	39,49	-5,23E-07	-3,49E-03	-2,98E-02	-2,31E-03	-2,37E-01
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	-135,04	807,55	-16,35	-1,00E-07	4,92E-03	6,00E-02	9,30E-03	-5,12E-02
Installationsebene								
Herstellung	119,90	66,41	1,74	9,53E-09	2,03E-03	2,18E-02	3,50E-03	5,43E-02
Entsorgung	-34,81	-2,71	3,34	-5,11E-09	-1,83E-04	-1,88E-03	-1,17E-04	-1,45E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	85,09	63,70	5,08	4,42E-09	1,85E-03	1,99E-02	3,38E-03	3,98E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>120,39</b>				

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.

Der Nachweis des Tauwasserausfalls kann bei Berücksichtigung der bauphysikalischen Kennwerte nach Norm (vgl. Tab. 3-41) nur mit Hilfe einer Dampfbremse (B5) geführt werden. Diese Dampfbremse kann in der Praxis vernachlässigt werden, wenn eine OSB-Platte gewählt wird, die einen  $s_d$ -Wert  $> 200$  m besitzt und B1&B2 durch eine MDF-Platte ersetzt wird.

Die Wasserdampfdurchlässigkeit der OSB-Platte ist dabei als Wasserdampf-Diffusionswiderstand nach dem CWFT-Verfahren (Classification Without Further Testing) oder nach der DIN EN ISO 12572:2001-09 zu bestimmen.

Die rechnerische Berücksichtigung eines konvektiven Feuchteintrags kann vernachlässigt werden, wenn bei werksseitiger Vorfertigung nach Holztafelbaurichtlinie folgende Konstruktionsregel beachtet wird:  $s_{d,i} \geq 6 \cdot s_{d,a}$  mit  $0,3 \text{ m} \leq s_{d,a} \leq 4,0 \text{ m}$ . (DIN 68800-2:2012-02, Tabelle 1)



### 3.3 Deckenaufbauten

#### 3.3.1 DE1 - StB-Geschossdecke, Ortbeton

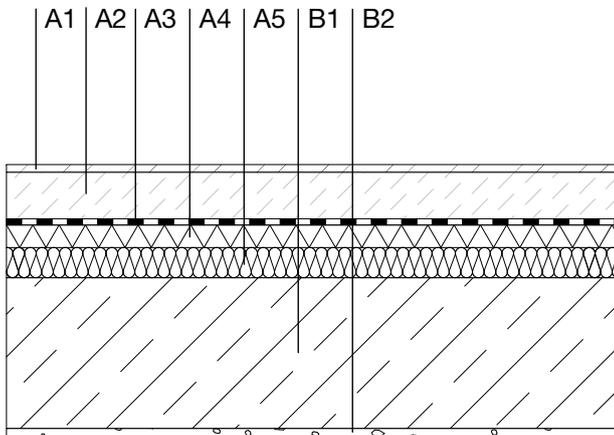


Abb. 3-27 Vertikalschnitt Geschossdeckenaufbau DE1, M 1:10

Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	REI	≤ 90
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	-
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	-
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> [dB]	65
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	40
Schalldämmwerte (Luft- und Trittschalldämmung) ohne Nebenwegübertragungen; r ≥ 20 kPa·s/m²; s' < 20 MN/m³ für Trittschalldämmplatte unter Zementestrich mit m' ≥ 140 kg/m²		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (DIN 4109-32, 2016, Abschnitt 4.1.4.2.2) und (DIN 4109-34, 2016)

Abb. 3-28 DE1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Tab. 3-44 DE1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fußbodenaufbau							
A1	10	Fußbodenbelag (Fliesen)	≤ 1,300	∞	≤ 2300	≥ 840	A1
A2	70	Estrich (Zementestrich)	1,400	15/35	2000	2000	A1
A3	0,2	PE-Folie	-	-	-	-	F
A4	30	TSD Holzfaserdämmplatte WLS 045	0,045	20/100	10-50	1450	E
A5	40	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
Tragstruktur und Deckenuntersicht							
B1	200	Beton, bewehrt 2%	2,500	80/130	2500	1000	A1
B2	10	Putz (Kalk-Gipsputz)	0,700	10/10	1400	1000	A1

Tab. 3-45 DE1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Deckenfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1149,80	280,58	92,62	2,18E-06	2,41E-02	2,28E-01	2,93E-02	4,93E-01
Entsorgung	-186,88	-1,37	5,50	-4,95E-07	6,03E-04	7,70E-03	1,59E-03	-8,13E-02
Instandhaltung	395,56	240,77	33,21	4,63E-07	1,03E-02	9,63E-02	1,34E-02	1,82E-01
Gesamt	1358,40	519,98	131,32	2,15E-06	3,49E-02	3,32E-01	4,43E-02	5,94E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	1%	139,90	50%

Tab. 3-46 DE1 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Deckenfläche der Deckenbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Fußbodenaufbau								
Herstellung	608,03	243,15	29,01	9,59E-07	1,10E-02	1,01E-01	1,40E-02	2,76E-01
Entsorgung	-212,47	-2,39	4,20	-4,96E-07	-6,85E-04	-4,43E-03	-5,33E-04	-9,32E-02
Instandhaltung	396	241	33	0	0	0	0	0
Gesamt	791,12	481,53	66,42	9,26E-07	2,05E-02	1,93E-01	2,69E-02	3,65E-01
Tragstruktur								
Herstellung	510,21	36,07	60,48	1,22E-06	1,27E-02	1,23E-01	1,47E-02	2,03E-01
Entsorgung	24,84	0,99	1,26	8,81E-10	1,25E-03	1,18E-02	2,06E-03	1,16E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	535,06	37,07	61,74	1,22E-06	1,40E-02	1,35E-01	1,68E-02	2,15E-01
Deckenuntersicht								
Herstellung	31,52	1,35	3,13	2,08E-09	3,75E-04	3,77E-03	6,15E-04	1,43E-02
Entsorgung	0,75	0,03	0,04	2,66E-11	3,77E-05	3,55E-04	6,21E-05	3,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	32,27	1,38	3,16	2,10E-09	4,13E-04	4,13E-03	6,77E-04	1,46E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>669,03</b>				

**Bemerkungen:**

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.



### 3.3.2 DE2 - StB-Hohldielendecke, vorgespannt

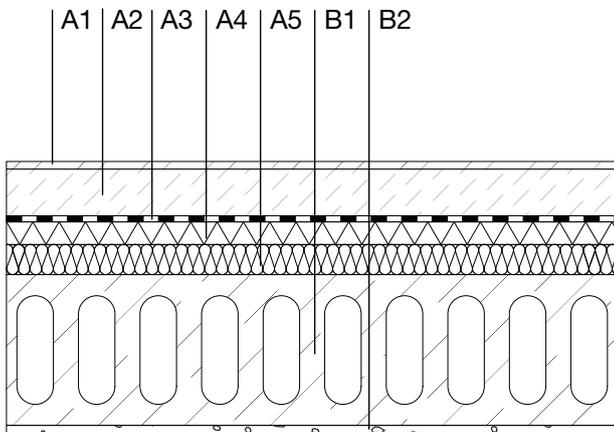


Abb. 3-29 Vertikalschnitt Geschossdeckenaufbau DE2, M 1:10

Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
<b>Brandschutz</b>	REI	≤ 90
<b>Wärmeschutz</b>	U [W/m²K]	-
<b>Feuchteschutz</b>	Kondensat [g/m²]	-
<b>Schallschutz</b>	R <sub>w</sub> [dB]	57
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	50

Schalldämmwerte (Luft- und Trittschalldämmung) ohne Nebenwegübertragungen; r ≥ 20 kPa·s/m²; s < 20 MN/m³ für Trittschalldämmplatte unter Zementestrich mit m' ≥ 140 kg/m²; flächenbezogene Masse der Decke m' ≥ 250 kg/m²

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim nach (DIN 4109-32, 2016, Abschnitt 4.1.4.2.2) und (DIN 4109-34, 2016)

Abb. 3-30 DE2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Tab. 3-47 DE2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m³]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fußbodenaufbau							
A1	10	Fußbodenbelag (Fliesen)	≤ 1300	∞	≤ 2300	≥ 840	A1
A2	70	Estrich (Zementestrich)	1,400	15/35	2000	2000	A1
A3	0,2	PE-Folie	-	-	-	-	F
A4	30	TSD Holzfaserdämmplatte WLS 045	0,045	20/100	10-50	1450	E
A5	40	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
Tragstruktur und Deckenuntersicht							
B1	200	Spannbeton-Hohldielendecke	2,500	80/130	2500	1000	A1
B2	10	Putz (Kalk-Gipsputz)	0,700	10/10	1400	1000	A1

Tab. 3-48 DE2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Deckenfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1152,78	264,82	97,84	2,38E-06	2,65E-02	2,35E-01	3,06E-02	5,06E-01
Entsorgung	-270,87	-0,67	-0,50	-2,42E-07	-2,57E-03	-1,09E-02	-1,34E-04	-1,26E-01
Instandhaltung	396	241	33	0	0	0	0	0
Gesamt	1277,48	504,91	130,55	2,60E-06	3,43E-02	3,21E-01	4,39E-02	5,63E-01

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	1%	139,90	53%

Tab. 3-49 DE2 - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Deckenfläche der Deckenbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
<b>Fußbodenaufbau</b>								
Herstellung	608,03	243,15	29,01	9,59E-07	1,10E-02	1,01E-01	1,40E-02	2,76E-01
Entsorgung	-212,47	-2,39	4,20	-4,96E-07	-6,85E-04	-4,43E-03	-5,33E-04	-9,32E-02
Instandhaltung	396	241	33	0	0	0	0	0
Gesamt	791,12	481,53	66,42	9,26E-07	2,05E-02	1,93E-01	2,69E-02	3,65E-01
<b>Tragstruktur</b>								
Herstellung	513,23	20,31	65,70	1,41E-06	1,52E-02	1,31E-01	1,60E-02	2,17E-01
Entsorgung	-59,14	1,69	-4,74	2,53E-07	-1,92E-03	-6,83E-03	3,37E-04	-3,33E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	454,09	22,00	60,97	1,67E-06	1,33E-02	1,24E-01	1,63E-02	1,83E-01
<b>Deckenuntersicht</b>								
Herstellung	31,52	1,35	3,13	2,08E-09	3,75E-04	3,77E-03	6,15E-04	1,43E-02
Entsorgung	0,75	0,03	0,04	2,66E-11	3,77E-05	3,55E-04	6,21E-05	3,49E-04
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	32,27	1,38	3,16	2,10E-09	4,13E-04	4,13E-03	6,77E-04	1,46E-02
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>591,30</b>				

**Bemerkungen:**

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden.



### 3.4 BO - StB-Bodenplatte

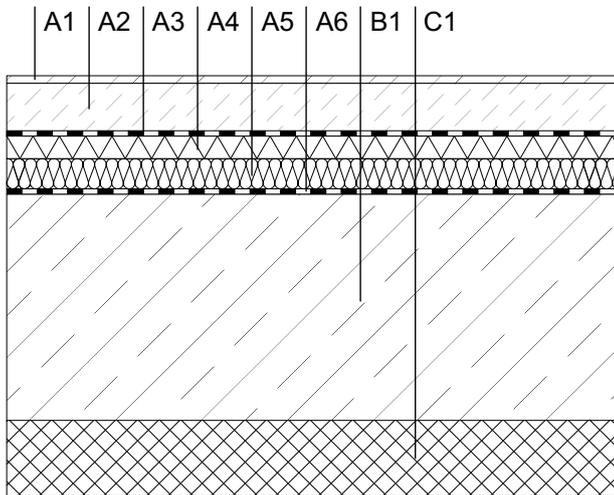


Abb. 3-31 Vertikalschnitt Bodenplattenaufbau BO, M 1:10

Übersicht bauphysikalische Kennwerte		
Brandschutz	REI	-
Wärmeschutz	U [W/m <sup>2</sup> K]	0,222
Feuchteschutz	Kondensat [g/m <sup>2</sup> ]	4,9
Schallschutz	R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ) [dB]	-
	L <sub>n,w</sub> (C <sub>i</sub> ) [dB]	-
Keine Anforderung an den Schallschutz		

Beurteilung Schallschutz durch ift Rosenheim

Abb. 3-32 BO - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte

Tab. 3-50 BO - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)

	Dicke [mm]	Baustoff	λ [W/m·K]	μ min/max [-]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [Ws/(kg·K)]	Brandverhaltensklasse EN
Fußbodenaufbau							
A1	10	Fußbodenbelag (Fliesen)	≤ 1,300	∞	≤ 2300	≥ 840	A1
A2	70	Estrich (Zementestrich)	1,400	15/35	2000	2000	A1
A3	0,2	PE-Folie	-	-	-	-	F
A4	30	TSD Holzfaserdämmplatte WLS 045	0,045	20/100	10-50	1450	E
A5	40	Dämmung Holzfaser WLS 040	0,040	5/5	~100	2000	E
A6		Abdichtung	-	-	-	-	-
Tragstruktur							
B1	300	Beton, bewehrt 2%	2,500	80/130	2500	1000	A1
Abschluss gegen Erdreich							
C1	100	Perimeterdämmung WLS 040	0,040	80/250	20-65	1450	F

Tab. 3-51 BO - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Bodenplattenfläche

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Herstellung	1799,10	186,26	150,94	2,99E-06	4,20E-02	3,32E-01	4,00E-02	7,67E-01
Entsorgung	-147,78	-7,40	10,92	-2,26E-07	1,39E-03	1,37E-02	3,10E-03	-6,12E-02
Instandhaltung	418,17	106,80	33,61	5,83E-07	9,09E-03	8,25E-02	1,14E-02	1,91E-01
<b>Gesamt</b>	<b>2069,50</b>	<b>285,66</b>	<b>195,47</b>	<b>3,35E-06</b>	<b>5,25E-02</b>	<b>4,29E-01</b>	<b>5,46E-02</b>	<b>8,96E-01</b>

Holzanteil	Gewichtsanteil	Heizwert Holz [MJ]	Anteil PE ern. (Herst.)
	1%	139,90	75%

Tab. 3-52 BO - Ökologische Bewertung je m<sup>2</sup> Bodenplattenfläche der Plattenbauteile

Lebenszyklus	PE n. ern. [MJ]	PE ern. [MJ]	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	ODP [kg R11-Äqv.]	POCP [kg Ethen-Äqv.]	AP [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	EP [kg PO <sub>4</sub> -Äqv.]	ADP [kg Sb-Äqv.]
Fußbodenaufbau								
Herstellung	516,22	108,54	30,35	7,97E-07	9,19E-03	8,20E-02	1,12E-02	2,34E-01
Entsorgung	-98,05	-1,74	3,26	-2,14E-07	-1,02E-04	4,43E-04	2,26E-04	-4,26E-02
Instandhaltung	418,17	106,80	33,61	5,83E-07	9,09E-03	8,25E-02	1,14E-02	1,91E-01
<b>Gesamt</b>	<b>836,35</b>	<b>213,60</b>	<b>67,22</b>	<b>1,17E-06</b>	<b>1,82E-02</b>	<b>1,65E-01</b>	<b>2,29E-02</b>	<b>3,82E-01</b>
Tragstruktur								
Herstellung	907,09	70,08	99,21	1,85E-06	2,14E-02	2,07E-01	2,39E-02	3,61E-01
Entsorgung	37,04	1,48	1,88	1,31E-09	1,86E-03	1,75E-02	3,07E-03	1,73E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Gesamt</b>	<b>944,12</b>	<b>71,56</b>	<b>101,09</b>	<b>1,85E-06</b>	<b>2,33E-02</b>	<b>2,25E-01</b>	<b>2,69E-02</b>	<b>3,78E-01</b>
Abschluss gegen Erdreich								
Herstellung	375,80	7,63	21,37	3,46E-07	1,14E-02	4,34E-02	4,95E-03	1,73E-01
Entsorgung	-86,77	-7,14	5,78	-1,35E-08	-3,70E-04	-4,31E-03	-1,95E-04	-3,58E-02
Instandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Gesamt</b>	<b>289,03</b>	<b>0,49</b>	<b>27,16</b>	<b>3,32E-07</b>	<b>1,10E-02</b>	<b>3,91E-02</b>	<b>4,76E-03</b>	<b>1,37E-01</b>
<b>Flächenbezogene Masse m [kg/m<sup>2</sup>] gesamt</b>				<b>1029,91</b>				

### Bemerkungen:

Alle Material-, Bemessungs- und Normengrundlagen können Kapitel 2 entnommen werden. Ferner sind folgende bauteilspezifischen Eigenschaften zu beachten:

Bei der Berechnung des Tauwasserausfalls wurde die Sauberkeitsschicht unterhalb der Perimeterdämmung berücksichtigt. Es ist zwar ein leichter Tauwasserausfall vorhanden, er ist jedoch als unkritisch einzustufen.



## 4 Vertikale Bauteilanschlüsse

### 4.1 Dachanschlüsse

#### 4.1.1 Anschluss Flachdach mit Attika - Außenwand, vorgestellt

4.1.1.1 Anschlussdetail, M 1:20

4.1.1.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

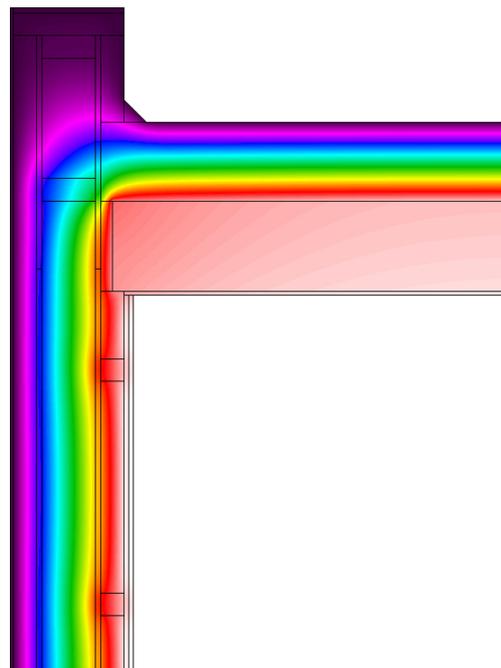
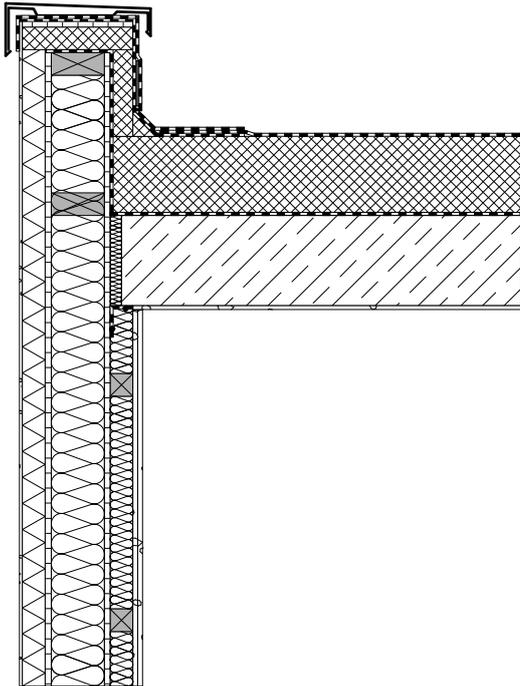


Abb. 4-1 Anschluss Flachdach DA1 - Außenwand WA1-3 mit Attika

Abb. 4-2 Isothermenverlauf Anschluss DA1 - WA1-3 mit Attika

#### Verwendete Bauteile

DA1, WA1 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kapitel 6.4, Dämmung Fuge

#### Schallschutz

Keine Schallschutzangaben erforderlich.

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung ist der Dämmstreifen der Stb.-Deckenvorderkante mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt, die Dämmung der Attika mit WLS 035.

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	-0,044
$f_{Rsi}$ [-]	0,92

#### Brandschutz

Die nichttragende Außenwand wird auch im obersten Geschoss gemäß § 28 MBO, ausgenommen in den Gebäudeklassen 1 und 2, als feuerhemmendes raumabschließendes Bauteil ausgeführt. In der Folge muss die Dachdecke mit derselben Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 30 Minuten ausgeführt werden.

Höhere brandschutztechnische Anforderungen an die Dachdecken ergeben sich gemäß § 29 MBO in den Gebäudeklassen 4 und 5, wenn sich mindestens zwei Nutzungseinheiten im obersten Geschoss befinden und die Trennwand nur bis zur Rohdecke geführt wird. In der Gebäudeklasse 4 ist ein Feuerwiderstand von 60 Minuten und in der Gebäudeklasse 5 ein Feuerwiderstand von 90 Minuten erforderlich.

#### 4.1.1.3 Fügechnik, Montager Reihenfolge, M 1:20

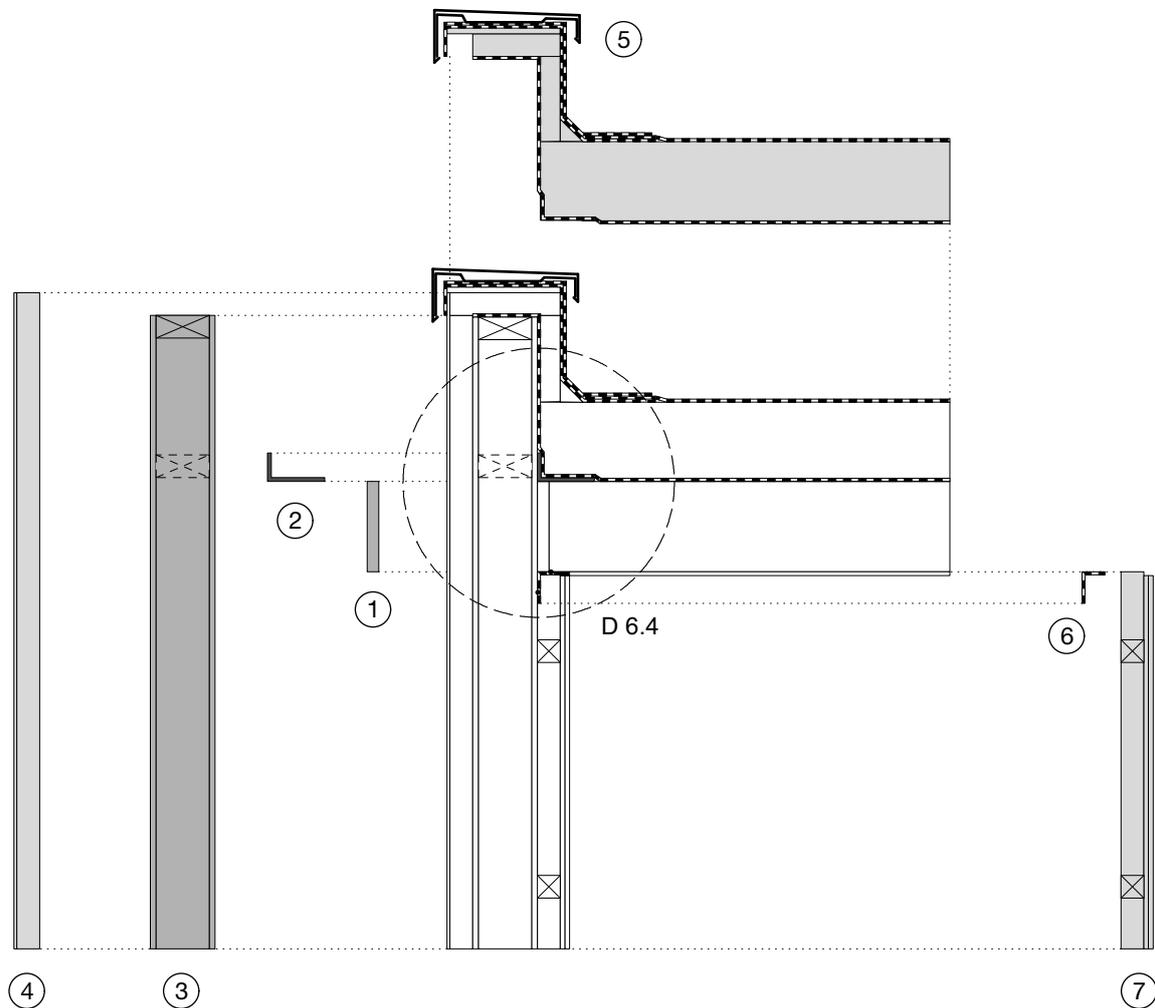


Abb. 4-3 Montager Reihenfolge - Anschluss Flachdach mit Attika - Außenwand, vorgestellt

#### Beschreibung der Montager Reihenfolge

1. Anbringung Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C) an VK Decke
2. Befestigung des Stahlwinkels an Stb.-Decke nach Anschlussdetail  
(Hinweis: für eine erleichterte Montage ist hierbei im Kernelement ein zusätzliches Querholz vorzusehen)
3. Montage Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
4. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
5. Montage Flachdach (Dämmung und Abdichtung)
6. Herstellung der Luftdichtheitsebene mit Klebeband
7. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweis: oberste Lattung mit konstruktivem Abstand zur Verbesserung des Wärmeschutzes)



## 4.1.2 Anschluss Flachdach ohne Attika - Außenwand, vorgestellt

### 4.1.2.1 Anschlussdetail, M 1:20

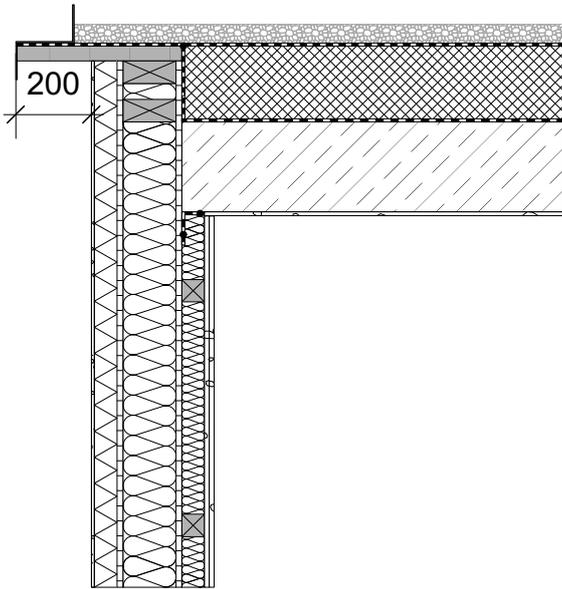


Abb. 4-4 Anschluss Flachdach DA1 - Außenwand WA1-3 ohne Attika

### 4.1.2.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

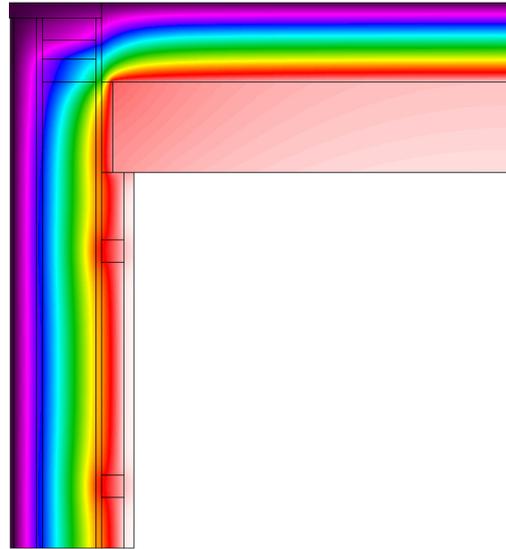


Abb. 4-5 Isothermenverlauf Anschluss DA1 - WA1-3 ohne Attika

#### Verwendete Bauteile

DA1, WA1 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kapitel 6.4, Dämmung Fuge

#### Schallschutz

Keine Schallschutzangaben erforderlich.

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung ist der Dämmstreifen der Stb.-Deckenvorderkante mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

Zum Schutz des Anschlussbereichs vor eindringender Feuchte wird ein Dachüberstand von mind. 200 mm empfohlen.

Ergebnisse Wärmebrückenberechnung	
$\psi_e$ [W/mK]	-0,036
$f_{Rsi}$ [-]	0,92

#### Brandschutz

Siehe 4.1.1

#### 4.1.2.3 Fügechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

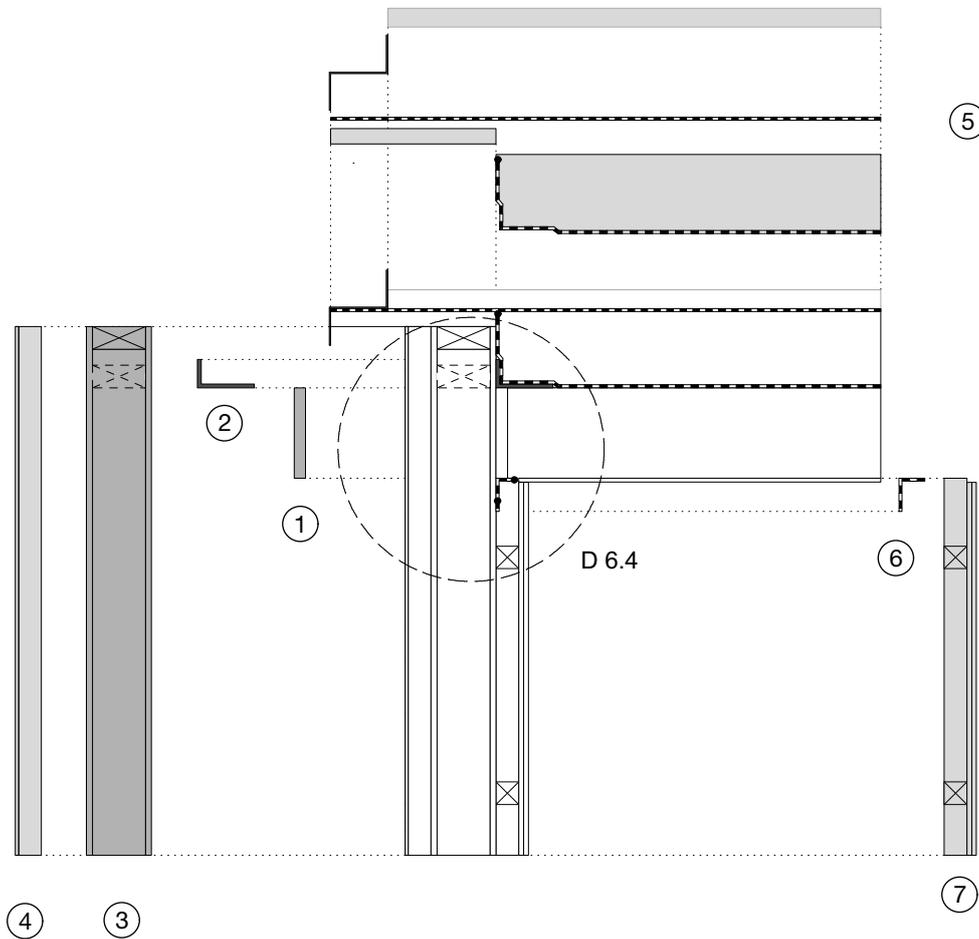


Abb. 4-6 Montagereihenfolge - Anschluss Flachdach ohne Attika - Außenwand, vorgestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

1. Anbringung Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C) an VK Decke
2. Befestigung des Stahlwinkels an Stb.-Decke nach Anschlussdetail  
(Hinweis: für eine erleichterte Montage ist hierbei im Kernelement ein zusätzliches Querholz vorzusehen)
3. Montage Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
4. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
5. Montage Flachdach (Dämmung und Abdichtung)
6. Herstellung der Luftdichtheitsebene mit Klebeband
7. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweis: oberste Lattung mit konstruktivem Abstand zur Verbesserung des Wärmeschutzes)



### 4.1.3 Anschluss Ortgang Steildach - Außenwand, vorgestellt

#### 4.1.3.1 Anschlussdetail, M 1:20

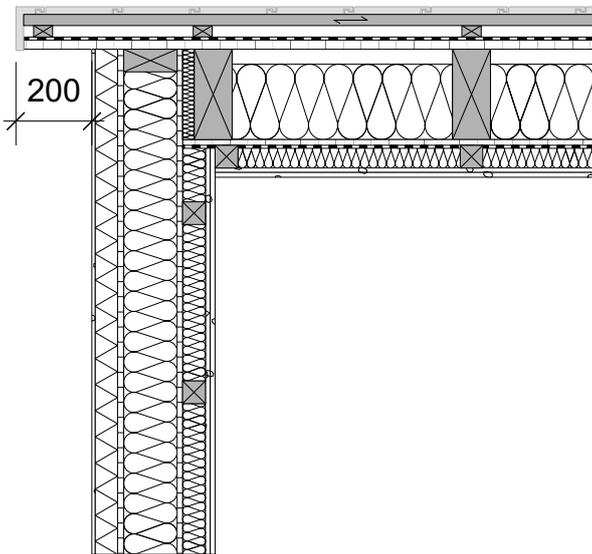


Abb. 4-7 Anschluss Steildach DA2 - Außenwand WA1-3

#### Verwendete Bauteile

DA2, WA1 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kapitel 6.5, Dämmung Fuge

#### Schallschutz

Keine Schallschutzangaben erforderlich.

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung ist der Dämmstreifen in der Fuge zwischen Wand- und Dachelement mit der Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

#### 4.1.3.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

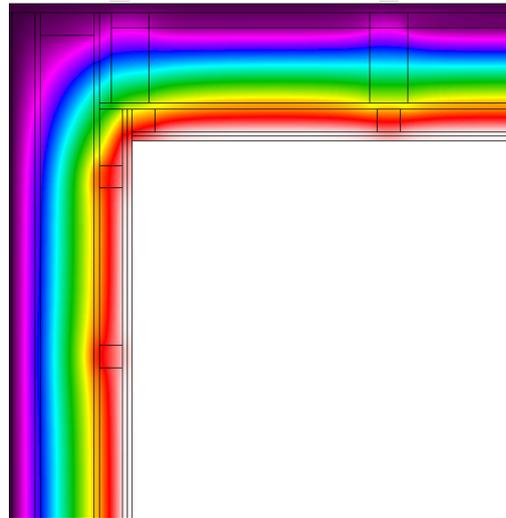


Abb. 4-8 Isothermenverlauf Anschluss DA2 - WA1-3

Zum Schutz des Anschlussbereichs vor eindringender Feuchte wird ein Dachüberstand von mind. 200 mm empfohlen.

Ergebnisse Wärmebrückenberechnung	
$\psi_e$ [W/mK]	-0,025
$f_{Rsi}$ [-]	0,88

#### Brandschutz

Siehe 4.1.1

#### 4.1.3.3 Fügechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

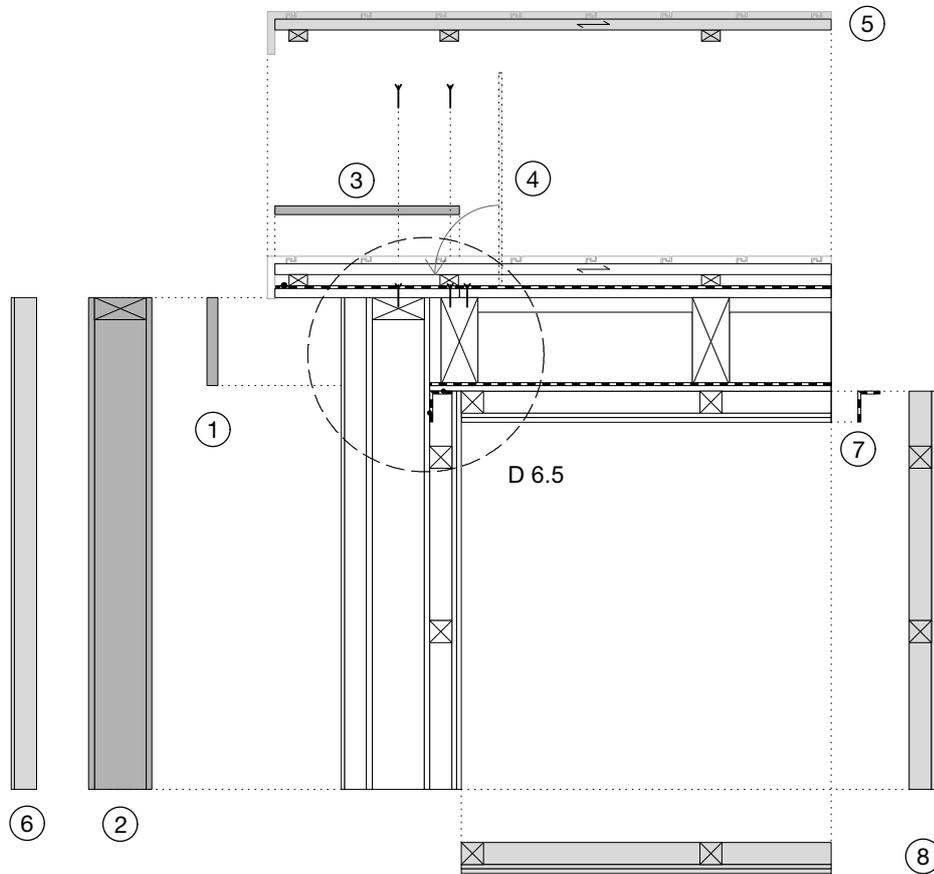


Abb. 4-9 Montagereihenfolge - Anschluss Ortgang Steildach - Außenwand, vorgestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

1. Anbringung Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt  $>1000^{\circ}\text{C}$ ) an VK Decke
2. Montage Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
3. Anbringung und Befestigung der OSB-Platte nach Anschlussdetail
4. Befestigung der Unterdeckbahn
5. Verlegung Konterlattung, Lattung und Dachziegel
6. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
7. Herstellung der Luftdichtheitsebene mit Klebeband
8. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweis: oberste Lattung mit konstruktivem Abstand zur Verbesserung des Wärmeschutzes)

Bei dieser Fügechnik wird das Tragwerk (Stb.-Elemente und Dachelement) zuerst erstellt. Die Montage der nichttragenden Fassade erfolgt im Anschluss. Vorteil ist, dass der Rohbau regensicher erstellt werden kann und die Montage der Fassade nachfolgend in einem Arbeitsschritt erfolgen kann.



## 4.2 Geschossdeckenstoß

### 4.2.1 Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt

#### 4.2.1.1 Anschlussdetail, M 1:20

#### 4.2.1.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

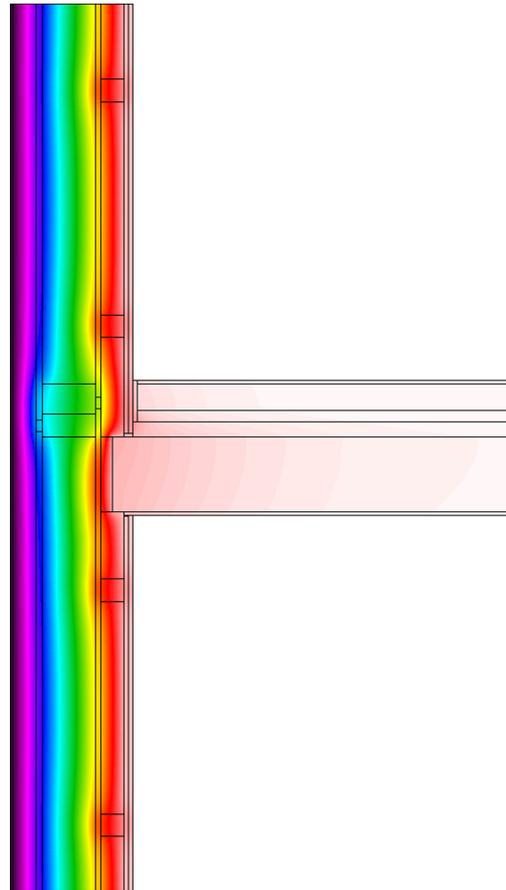
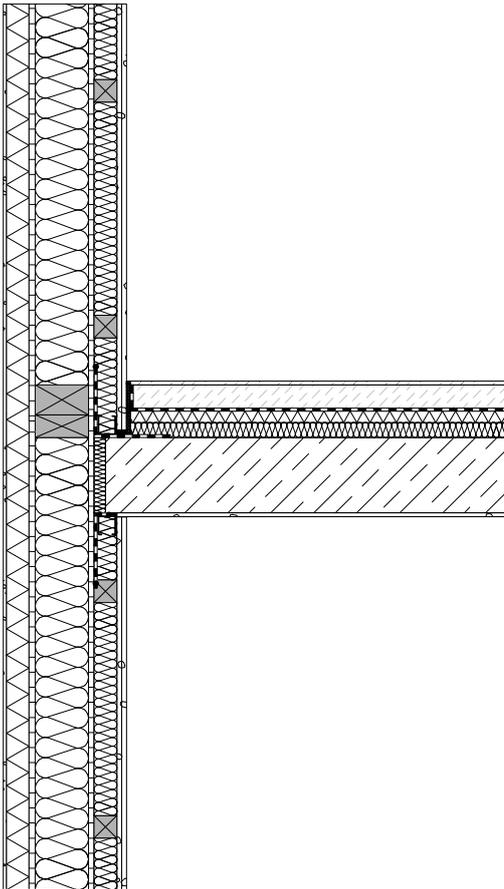


Abb. 4-10 Anschluss Außenwand WA1-3 - Geschossdecke DE1

Abb. 4-11 Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - DE1

#### Verwendete Bauteile

WA1, DE1 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.1, Dämmung Fuge

#### Schallschutz

$D_{n,f,w} = 65$  dB

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung sind der Randdämmstreifen des Fußbodenaufbaus und die Dämmung der Deckenvorderkante mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	0,018
$f_{Rsi, oben}$ [-]	0,96
$f_{Rsi, unten}$ [-]	0,97

#### Brandschutz

Eine Brandausbreitung auf und in den Außenwänden gemäß § 28 (1) MBO wird ausreichend lang begrenzt.

Darüberhinaus gilt es die Anforderungen an die Brandnebenwege nach Kapitel 2.2.3.4 auf Seite 25 zu beachten.

#### 4.2.1.3 Fügechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

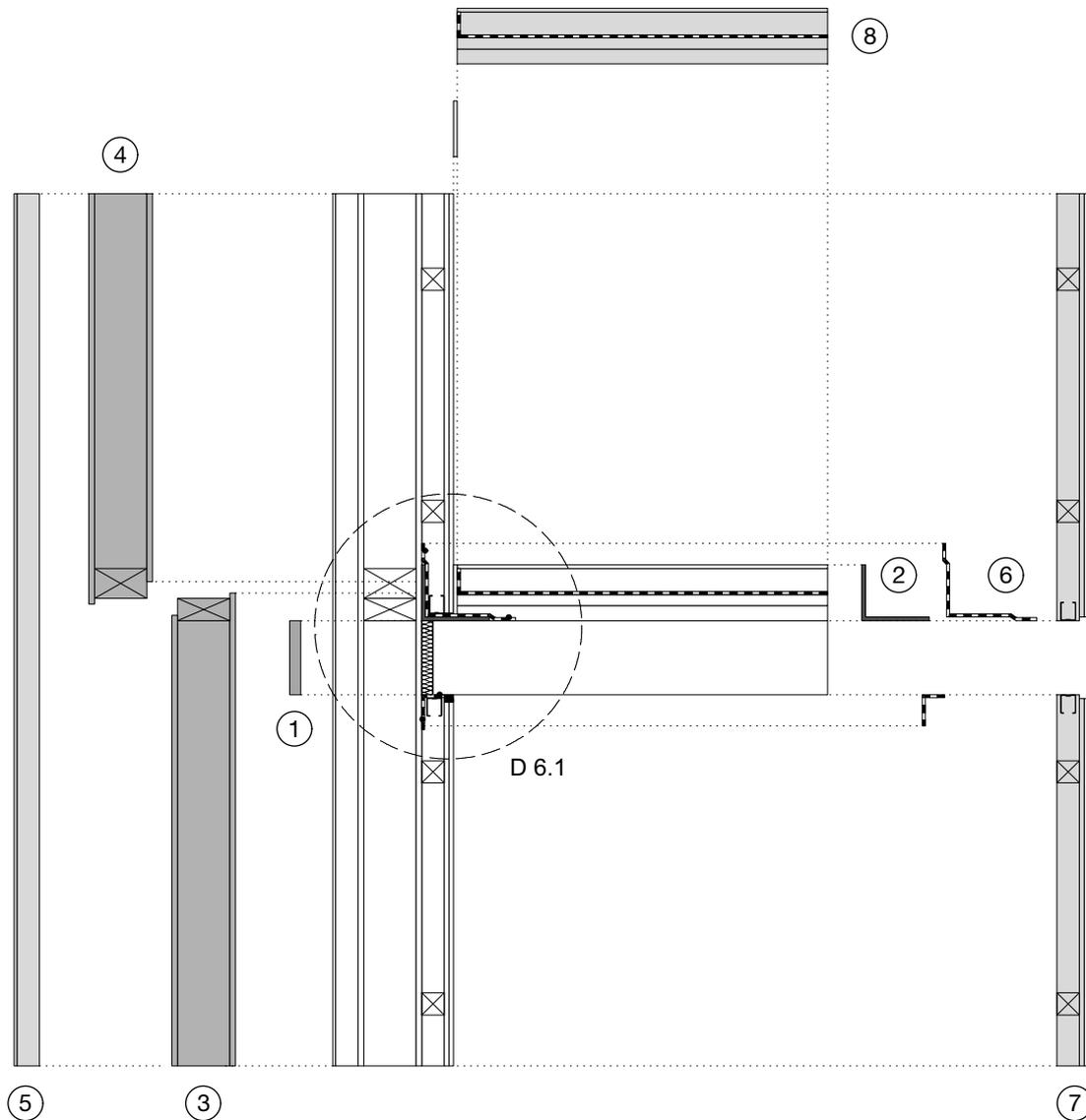


Abb. 4-12 Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

1. Anbringung Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C) an VK Decke
2. Befestigung des Stahlwinkels an Stb.-Decke nach Anschlussdetail
3. Montage Kernelement unteres Geschoss (geschlossenes HRB-Element)
4. Montage Kernelement oberes Geschoss (geschlossenes HRB-Element)
5. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
6. Herstellung der Luft- und Rauchdichtheit (oben und unten) mit Klebeband
7. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweise: Lattung mit konstruktivem Abstand zur Stb.-Decke zur Verbesserung des Wärmeschutzes;  
zur Verbesserung des Schallschutzes ist die GKF-Platte umlaufend zu Wand, Decke und Fußboden abzudichten)
8. Erstellung Fußbodenaufbau



## 4.2.2 Anschluss Geschossdecke - Außenwand, eingestellt

### 4.2.2.1 Anschlussdetail, M 1:20

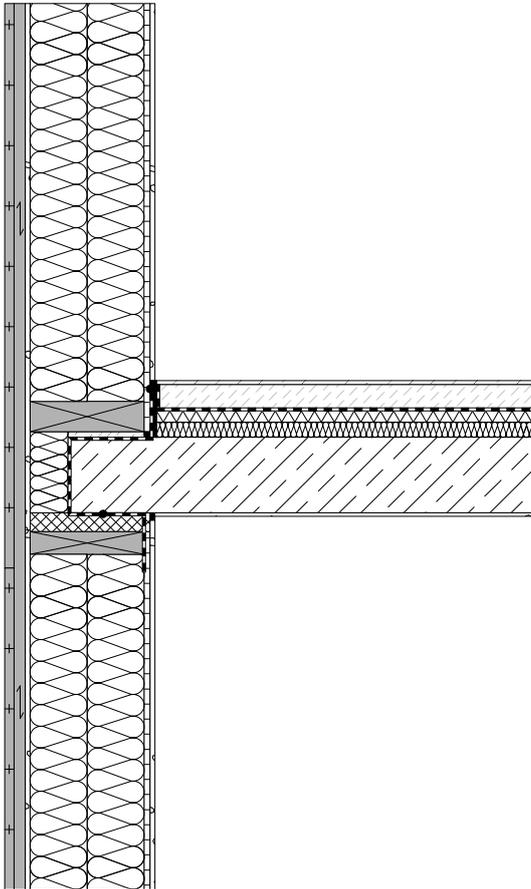


Abb. 4-13 Anschluss Außenwand WA3-3 - Geschossdecke DE1

#### Verwendete Bauteile

WA3, DE1 (Wärmebrückenberechnung mit WA3-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.2, Dämmung Stoß, Mörtelbett

#### Schallschutz

$D_{n,f,w} = 61$  dB

(Biegeweicher Anschluss mit Folie, ohne Kopplung der Wandelemente mit einer MDF-Platte, vgl. Angabe Montageschritt 8)

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung sind der Randdämmstreifen des Fußbodenaufbaus und die Dämmung des Außenwandstoßes mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt. Das obere Wandelement lagert auf einem Mörtelbett von 15 mm auf.

### 4.2.2.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

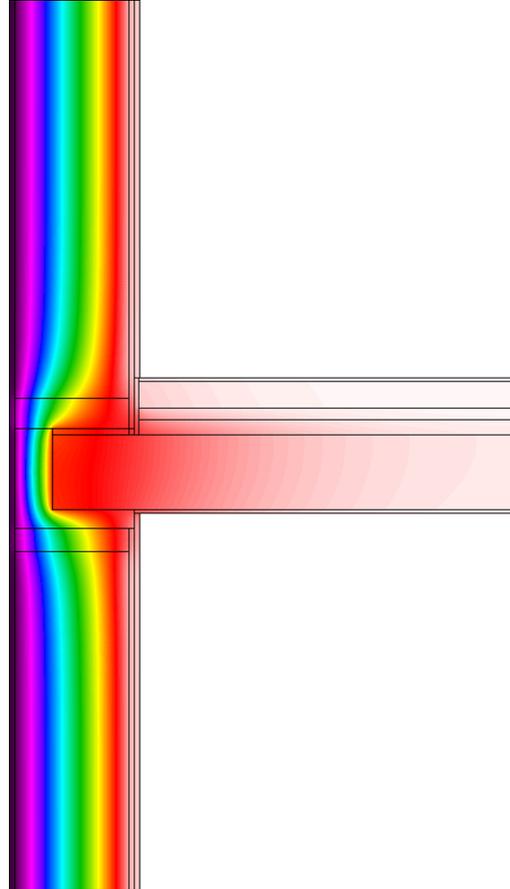


Abb. 4-14 Isothermenverlauf Anschluss WA3-3 - DE1

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	0,126
$f_{Rsi, oben}$ [-]	0,97
$f_{Rsi, unten}$ [-]	0,91

#### Brandschutz

Eine Brandausbreitung auf und in den Außenwänden gemäß § 28 (1) MBO wird ausreichend lang begrenzt.

Darüberhinaus gilt es die Anforderungen an die Brandnebenwege nach Kapitel 2.2.3.4 auf Seite 25 zu beachten.

Der Brandnebenweg über die Anschlussfuge wird im Vergleich zum Detail 4.2.1 in Abhängigkeit vom Einstellgrad vergrößert und damit die Feuerwiderstandsfähigkeit verbessert.

#### 4.2.2.3 Fügechnik, Montager Reihenfolge WA3 - DE1, M 1:20

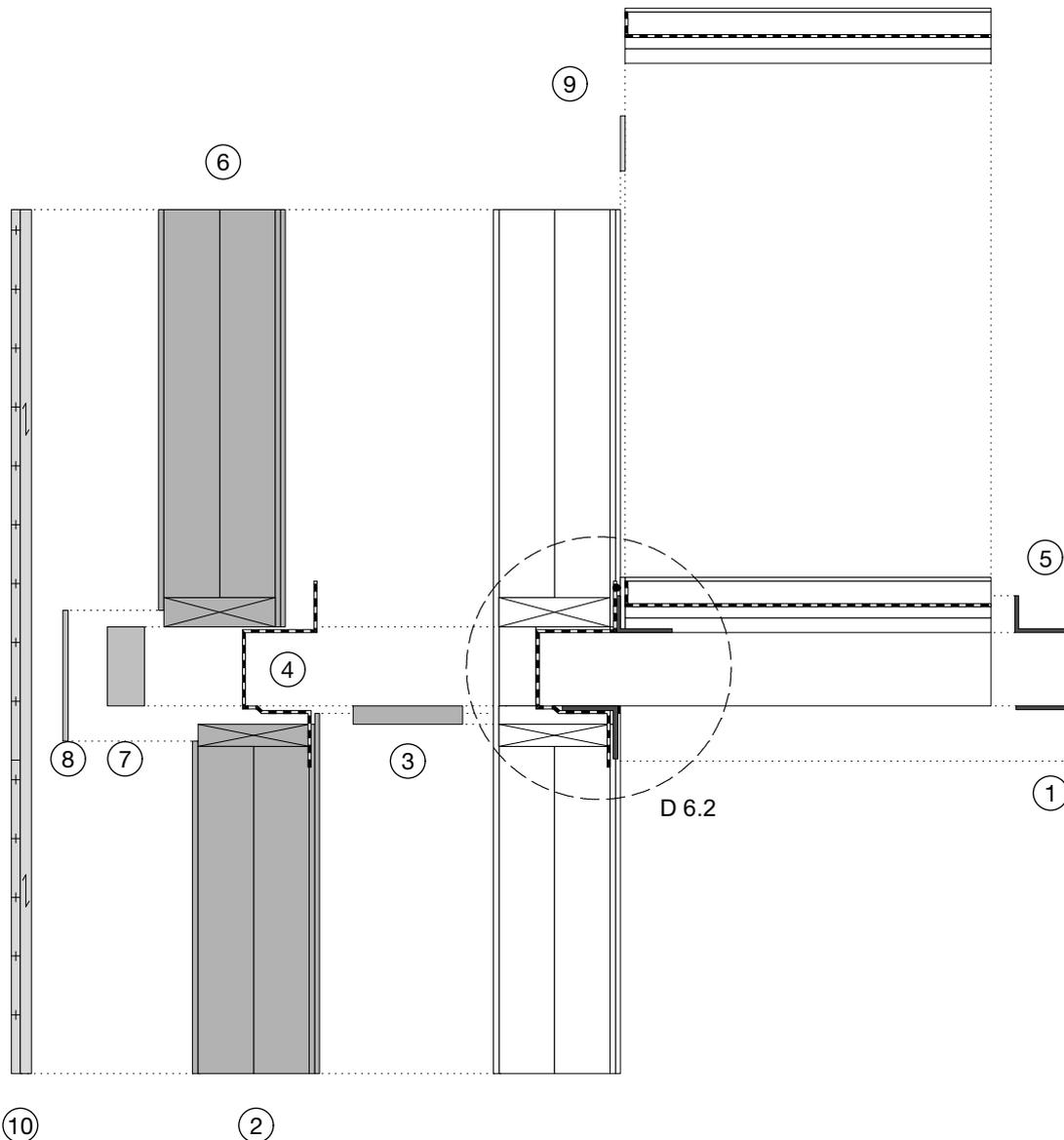


Abb. 4-15 Montager Reihenfolge - Anschluss Geschossdecke - Außenwand, eingestellt

#### Beschreibung der Montager Reihenfolge

1. Befestigung des Stahlwinkels (unten) an Stb.-Decke nach Anschlussdetail
2. Montage Kernelement unteres Geschoss (geschlossenes HRB-Element)
3. Einbringung Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C) zwischen Rähm und Stb.-Decke
4. Herstellung der Luft- und Rauchdichtheit mit Klebeband (Luftdichtheitsfolie aus dem unteren HRB-Element ins darüberliegende Geschoss führen)
5. Befestigung der Stahlwinkels (oben) an Stb.-Decke nach Anschlussdetail
6. Montage Kernelement oberes Geschoss (geschlossenes HRB-Element)
7. Einbringung Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C) an VK Decke
8. Verbindung von oberem und unterem HRB-Element durch Ergänzung einer MDF-Platte (Hinweis Schallschutz: Wird die Kopplung mit einer MDF-Platte hergestellt und nicht mit einer Folie – biegeweicher Anschluss – verschlechtert sich  $D_{n,f,w}$ )
9. Erstellung Fußbodenaufbau
10. Montage Fassadensystem (hier: hinterlüftete Fassade)



## 4.2.3 Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt - vorgestellter Balkon

### 4.2.3.1 Anschlussdetail, M 1:20

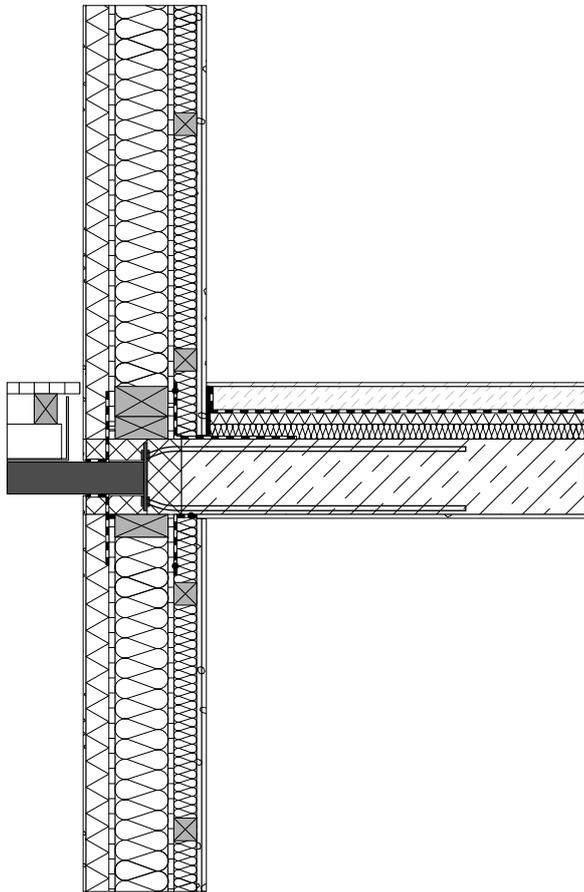


Abb. 4-16 Balkonanschluss mit Außenwand WA1-3 - Geschossdecke DE1

#### Verwendete Bauteile

WA1, DE1 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsmantel bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.1, Dämmung Anschlussbereich, Balkonanschluss

#### Schallschutz

$D_{n,f,w} = 65$  dB

#### Wärme- und Feuchteschutz

Es ist zu beachten, dass die WB-Berechnung nur zur Abschätzung dient, da es sich eigentlich um eine punktuelle Wärmebrücke handelt.

Der Randdämmstreifen des Fußbodenaufbaus und die Dämmung des Außenwandstoßes sind dabei mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt. Der Isokorb-Anschluss wurde mit einer Dämmung ( $d = 80$  mm) WLS 040 und einem Hohlraum ( $d = 15$  mm)

### 4.2.3.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

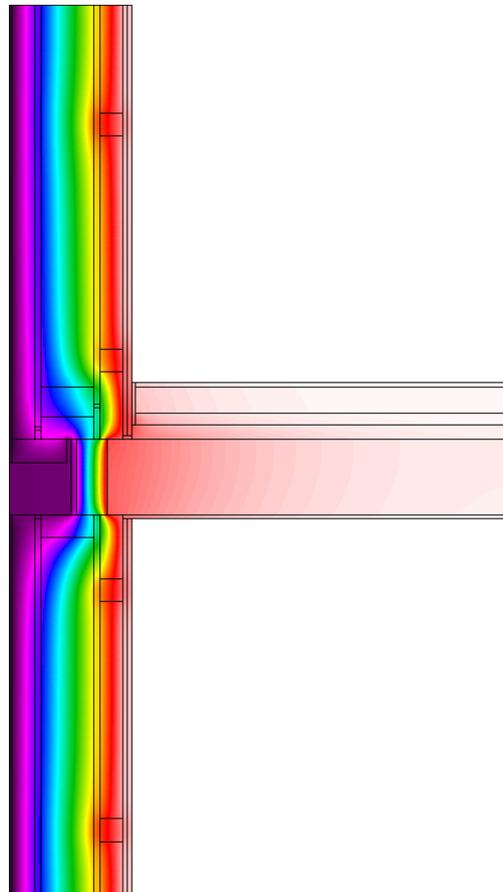


Abb. 4-17 Isothermenverlauf Balkonanschluss mit WA1-3 - DE1

im Anschlussbereich berücksichtigt.

Ergebnisse Wärmebrückenberechnung	
$\psi_e$ [W/mK]	0,118
$f_{Rsi, oben}$ [-]	0,93
$f_{Rsi, unten}$ [-]	0,93

#### Brandschutz

Eine Brandausbreitung auf und in den Außenwänden gemäß § 28 (1) MBO wird ausreichend lang begrenzt.

Darüberhinaus gilt es die Anforderungen an die Brandnebenwege nach Kapitel 2.2.3.4 auf Seite 25 zu beachten. Die Dämmung des Isokorbes ist dahingehend zu prüfen.

Die verbleibenden Hohlräume sind mit Mineralwolle (Schmelzpunkt  $\geq 1000^\circ\text{C}$  nach DIN 4102-17 und Rohdichte  $\geq 30$  kg/m<sup>3</sup>) auszufüllen.

#### 4.2.3.3 Fügetechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

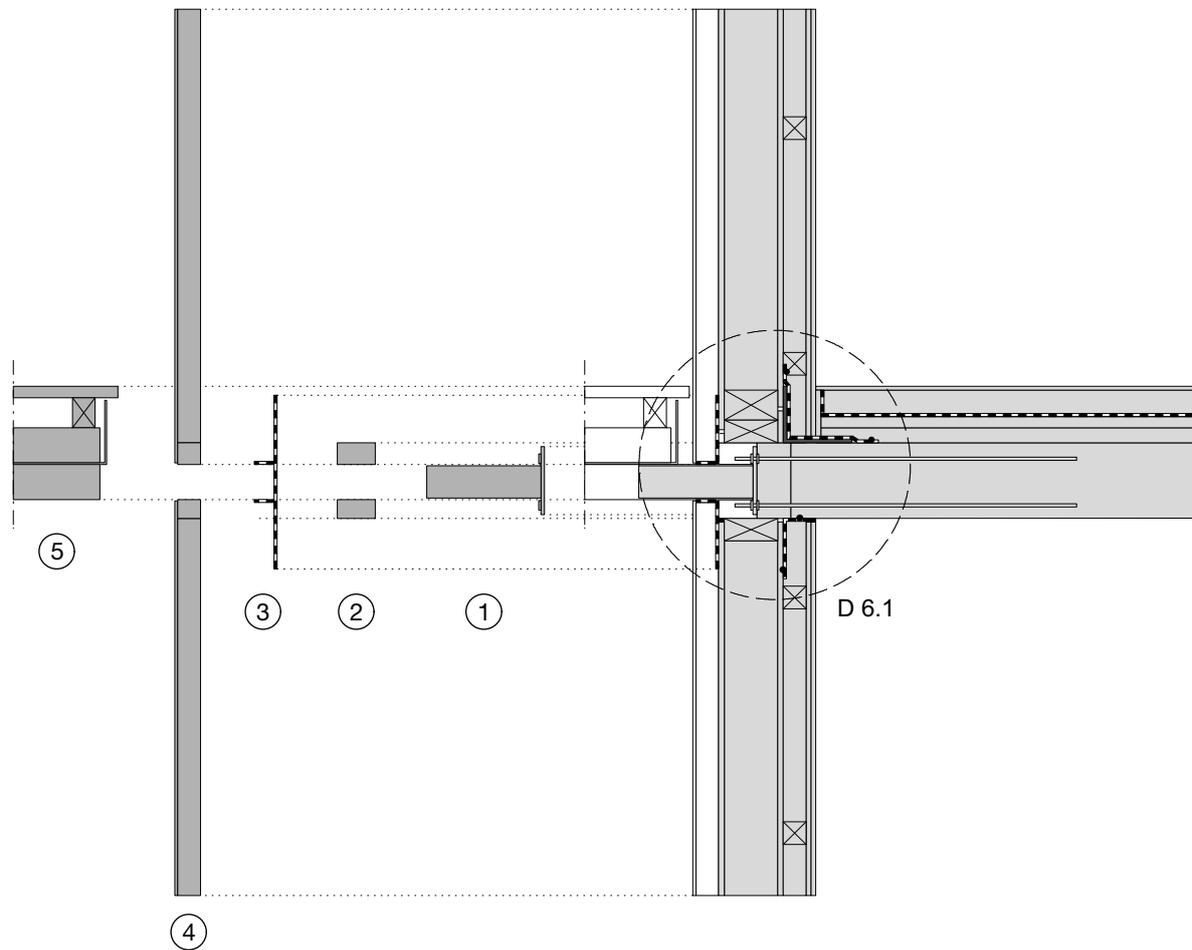


Abb. 4-18 Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt - vorgestellter Balkon

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

Montagereihenfolge der Holzrahmenbauelemente siehe Kapitel 4.2.1.3

1. Befestigung des Balkon-Querriegels (Stahlprofil) an Schöck Isokorb
2. Ausfüllung des Hohlraums mit Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C)
3. Ausführung der Winddichtung mittels Manchette und Klebeband
4. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
5. Installation Balkenelemente



## 4.2.4 Anschluss Geschossdecke mit Randunterzug - Außenwand, vorgestellt

### 4.2.4.1 Anschlussdetail, M 1:20

### 4.2.4.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

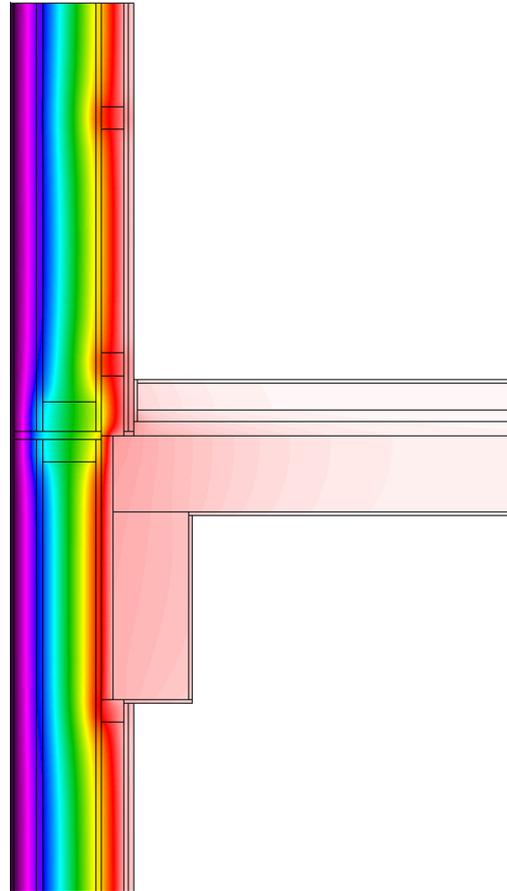
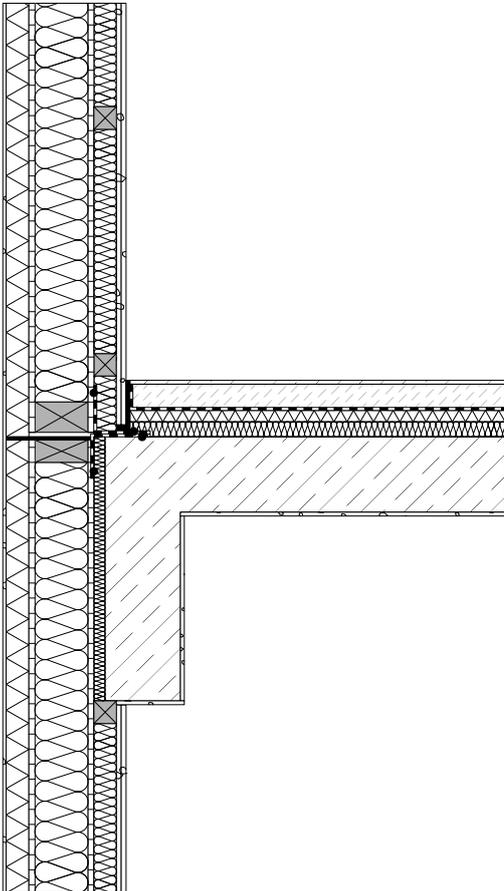


Abb. 4-19 Anschluss Außenwand WA1-3 - Geschossdecke DE1 mit Randunterzug

Abb. 4-20 Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - DE1 mit Randunterzug

#### Verwendete Bauteile

WA1, DE1 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.3, Dämmung Fuge und Stoß

#### Schallschutz

$D_{n,f,w} = 65$  dB

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung sind der Randdämmstreifen des Fußbodenaufbaus und die Dämmung der Deckenvorderkante mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	0,018
$f_{Rsi, oben}$ [-]	0,95
$f_{Rsi, unten}$ [-]	0,96

#### Brandschutz

Eine Brandausbreitung auf und in den Außenwänden gemäß § 28 (1) MBO wird ausreichend lang begrenzt.

Darüberhinaus gilt es die Anforderungen an die Brandnebenwege nach Kapitel 2.2.3.4 auf Seite 25 zu beachten.

Der Brandnebenweg über die Anschlussfuge wird im Vergleich zum Detail 4.2.1 vergrößert und damit die Feuerwiderstandsfähigkeit verbessert.

#### 4.2.4.3 Fügechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

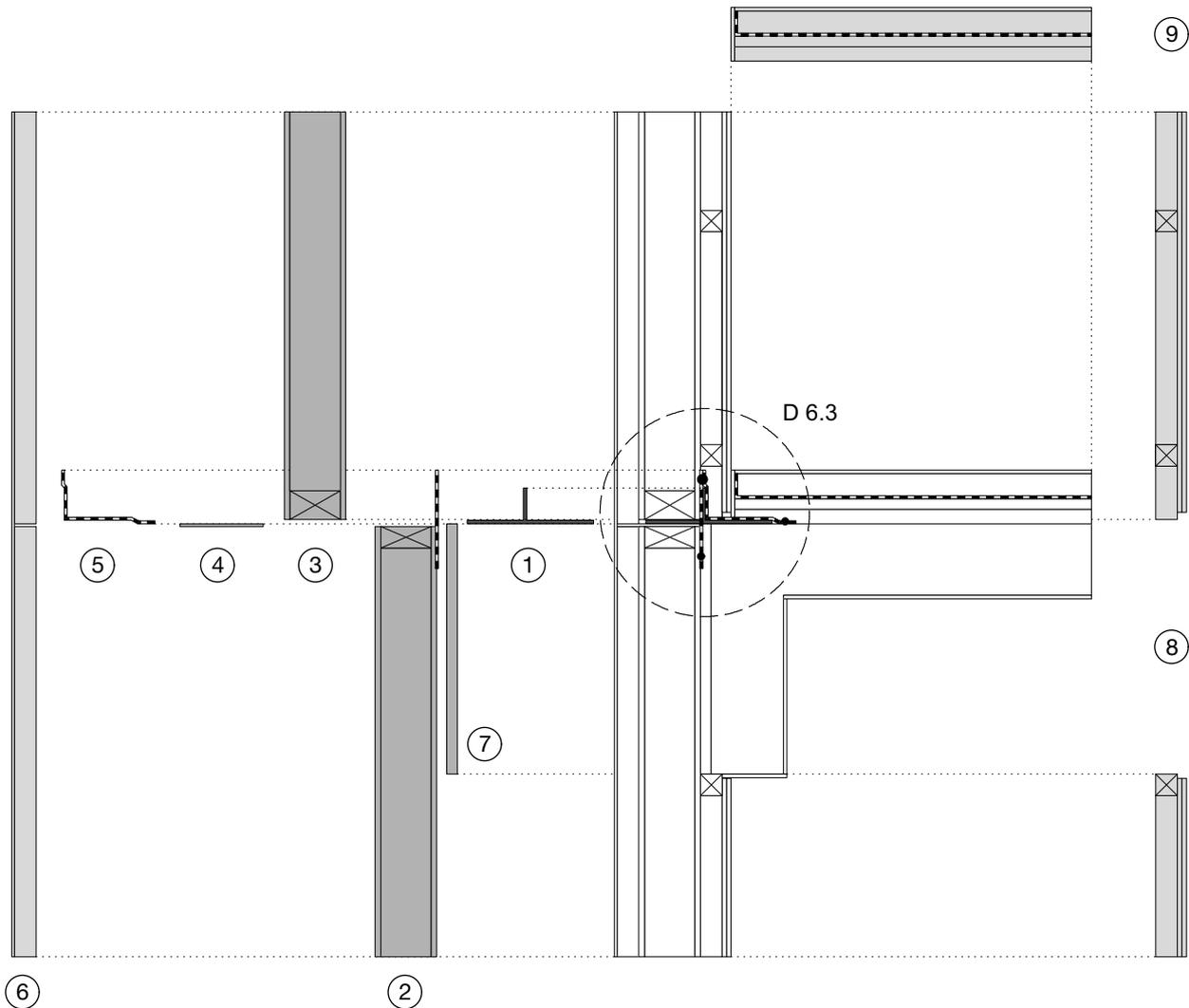


Abb. 4-21 Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke mit Randunterzug - Außenwand, vorgestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

1. Befestigung des Stahlwinkels an Stb.-Decke nach Anschlussdetail
2. Montage Kernelement unteres Geschoss (geschlossenes HRB-Element)
3. Montage Kernelement oberes Geschoss (geschlossenes HRB-Element)
4. Ausfüllung des Hohlraums mit Dämmstreifen nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C)
5. Herstellung der Luft- und Rauchdichtheit mit Klebeband
6. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
7. Ausfüllung des Hohlraums mit Einblasdämmung nach DIN EN 13162:2013-03 (mit Schmelzpunkt >1000°C) (Einfüllung von oben)
8. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweis: obere Lattung mit konstruktivem Abstand zur Stb.-Decke zur Verbesserung des Wärmeschutzes; zur Verbesserung des Schallschutzes ist die GKF-Platte umlaufend zu Wand, Decke und Fußboden abzudichten)
9. Erstellung Fußbodenaufbau



## 4.2.5 Anschluss Hohldieleendecke - Außenwand, vorgestellt

### 4.2.5.1 Anschlussdetail, M 1:20

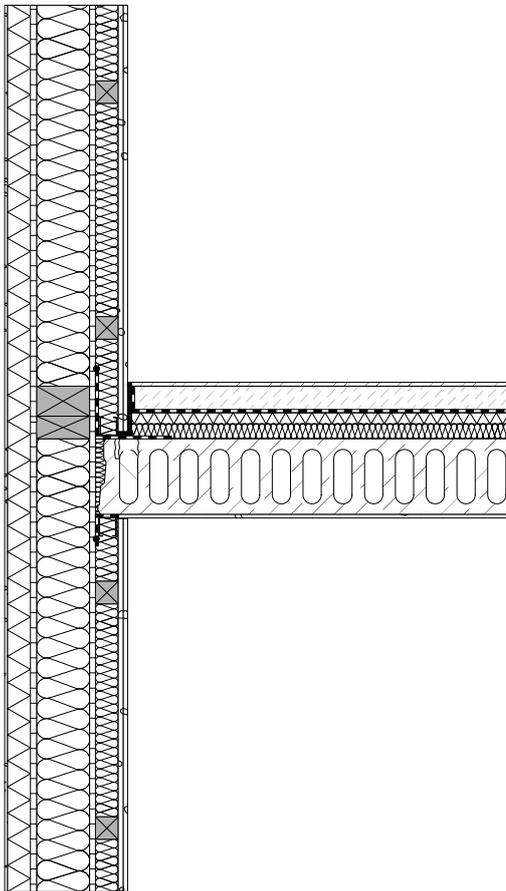


Abb. 4-22 Anschluss Außenwand WA1-3 - Hohldieleendecke DE2

### 4.2.5.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

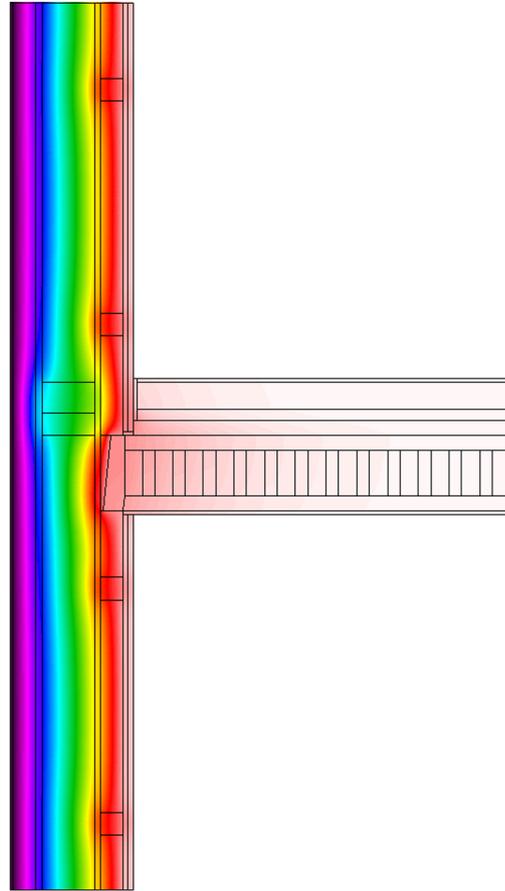


Abb. 4-23 Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - DE2

#### Verwendete Bauteile

WA1, DE2 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.1, Dämmung Fuge

#### Schallschutz

$D_{n,f,w} = 65$  dB

#### Wärme- und Feuchteschutz

Der Randdämmstreifen des Fußbodenaufbaus und die Dämmung der VK der Decke wurden mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt. Für die WB-Berechnung wurden die Hohlkammern der Stb.-Hohldieleendecke vereinfacht und auf sicherer Seite rechteckig ausgeführt.

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	0,021
$f_{Rsi, oben}$ [-]	0,96
$f_{Rsi, unten}$ [-]	0,96

#### Brandschutz

Eine Brandausbreitung auf und in den Außenwänden gemäß § 28 (1) MBO wird ausreichend lang begrenzt.

Darüberhinaus gilt es die Anforderungen an die Brandnebenwege nach Kapitel 2.2.3.4 auf Seite 25 zu beachten.

#### 4.2.5.3 Fügetechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

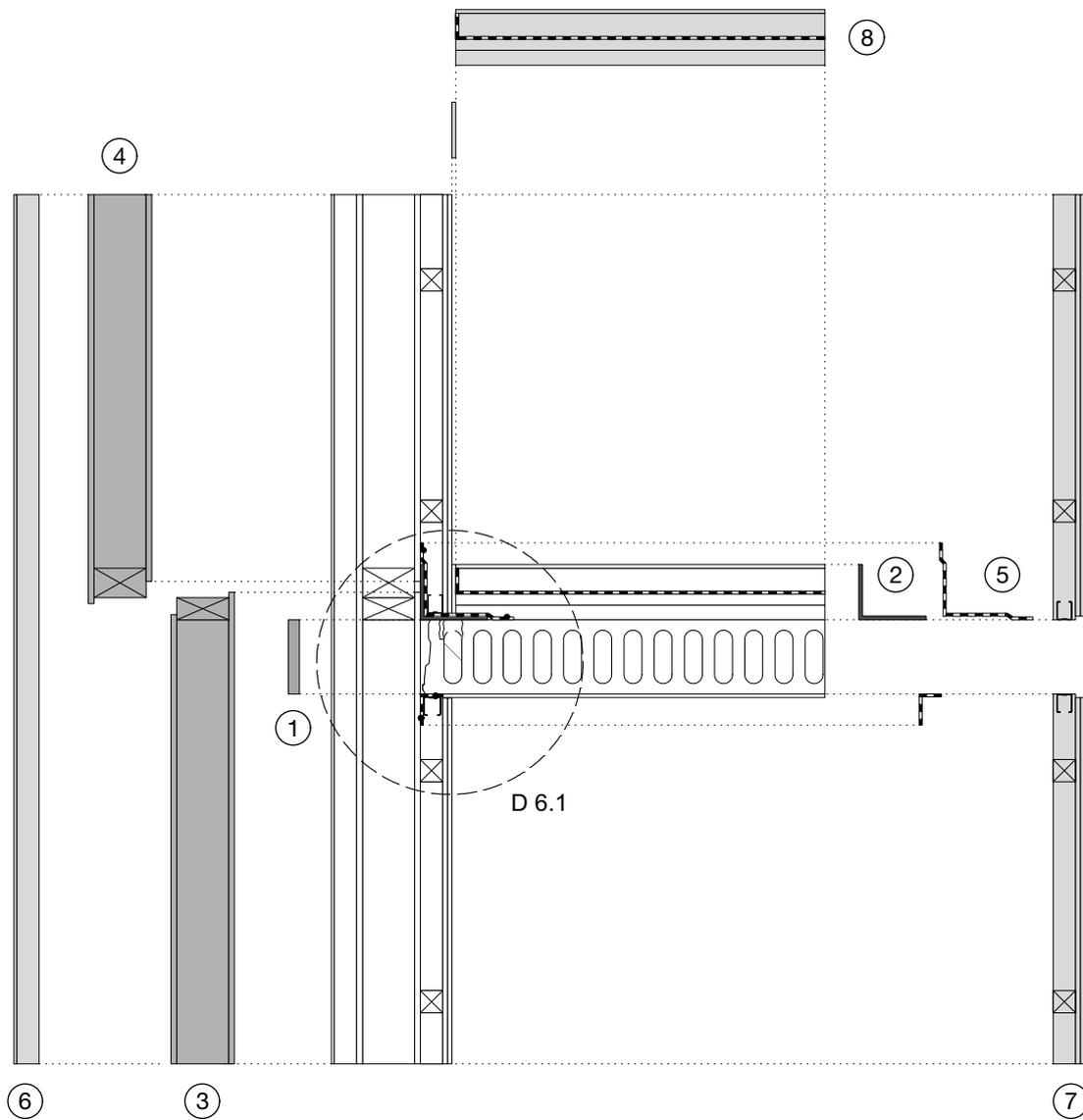


Abb. 4-24 Montagereihenfolge - Anschluss Hohldielendecke - Außenwand, vorgestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

Montagereihenfolge siehe Kapitel 4.2.1.3



## 4.3 Sockelanschluss

### 4.3.1 Ebenerdiger Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt

#### 4.3.1.1 Anschlussdetail, M 1:20

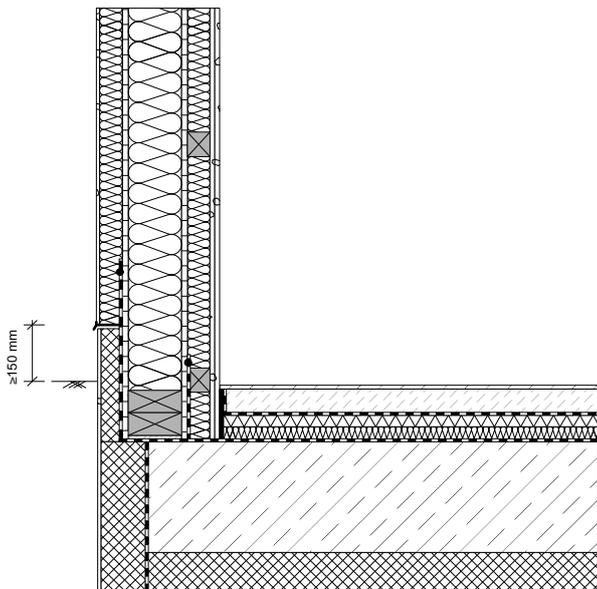


Abb. 4-25 Anschluss Außenwand WA1-3 - Bodenplatte BO

#### Verwendete Bauteile

WA1, BO (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.6, Mörtelbett, Sockeldämmung

#### Schallschutz

Keine Schallschutzanforderungen vorhanden.

#### Wärme- und Feuchteschutz

Das Wandelement lagert auf einem Mörtelbett von 15 mm auf. Die Perimeterdämmung der

#### 4.3.1.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

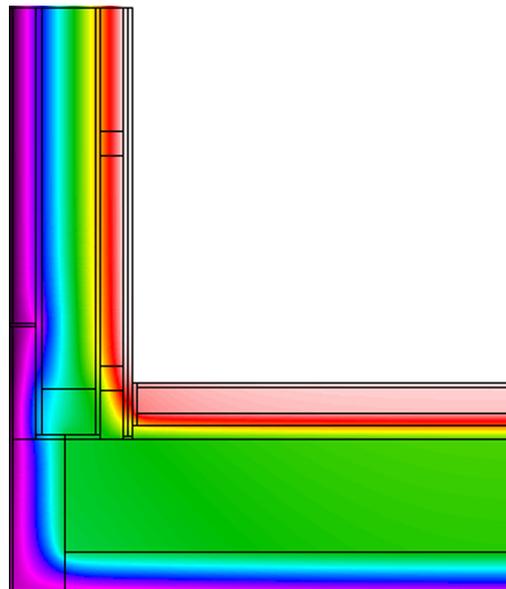


Abb. 4-26 Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - BO

Bodenplattenvorderkante ist mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	-0,073
$f_{Rsi}$ [-]	0,91

#### Brandschutz

Es sind keine gesonderten Anforderungen vorhanden.

#### 4.3.1.3 Fügechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

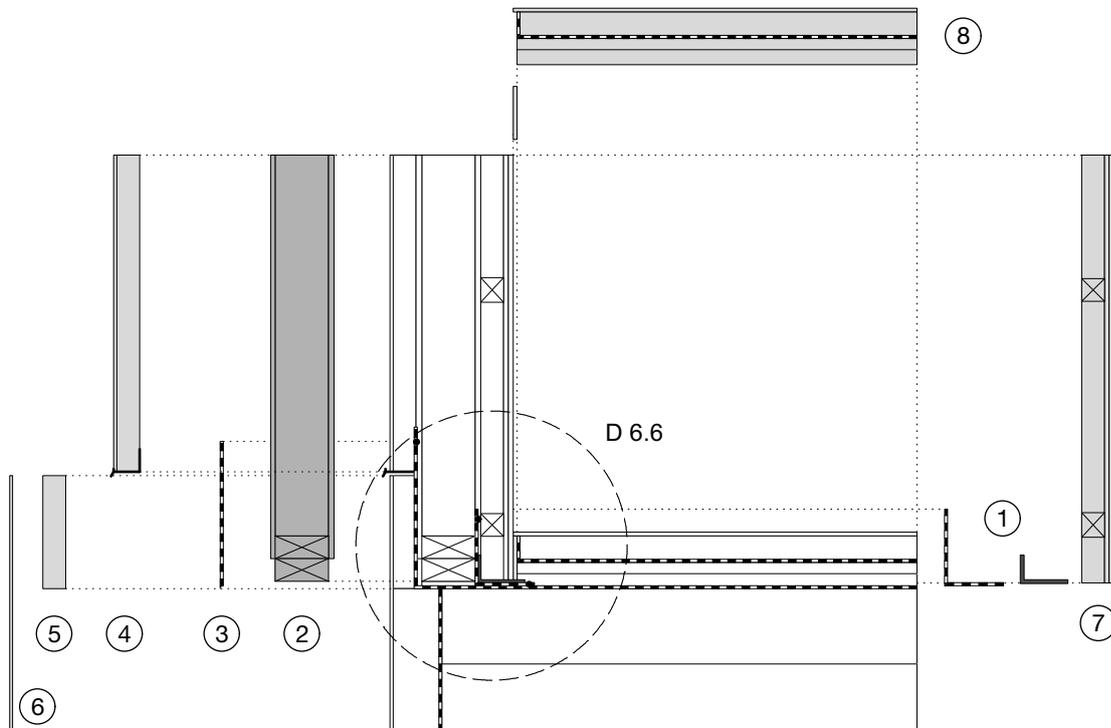


Abb. 4-27 Montagereihenfolge - Ebenerdiger Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

1. Befestigung des Stahlwinkels an Stb.-Bodenplatte nach Anschlussdetail inkl. luftdichter Folie
2. Herstellung der Nivellierschwelle und anschließende Montage Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
3. Anbringung der Bauwerksabdichtung nach DIN 18195-4:2011-12
4. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
5. Montage Perimeterdämmung
6. Aufbringung Sockelputz (gemäß DIN 68800-2:2012-02, Anhang A)
6. Herstellung der Luft- und Rauchdichtheit (oben und unten) mit Klebeband
7. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweis: Lattung mit konstruktivem Abstand zur Stb.-Decke zur Verbesserung des Wärmeschutzes)
8. Erstellung Fußbodenaufbau



## 4.3.2 Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt

### 4.3.2.1 Anschlussdetail, M 1:20

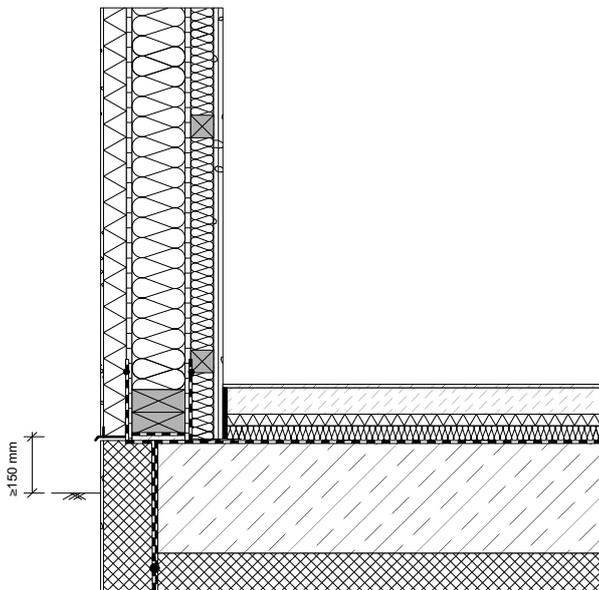


Abb. 4-28 Anschluss Außenwand WA1-3 - Bodenplatte BO, ebenerdig

#### Verwendete Bauteile

WA1, BO (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Verbindungsmittel nach Kap. 6.6, Mörtelbett

#### Schallschutz

Keine Schallschutzanforderungen vorhanden.

#### Wärme- und Feuchteschutz

Das Wandelement lagert auf einem Mörtelbett von 15 mm auf. Die Perimeterdämmung der

### 4.3.2.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

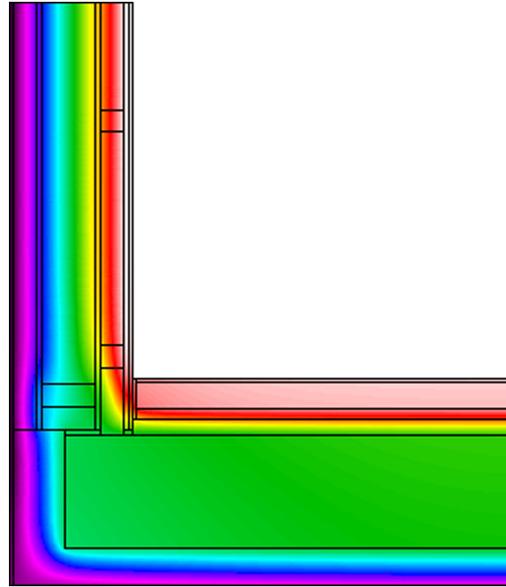


Abb. 4-29 Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - BO, ebenerdig

Bodenplattenvorderkante ist mit einer Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

Ergebnisse Wärmebrückenberechnung	
$\psi_e$ [W/mK]	-0,075
$f_{Rsi}$ [-]	0,91

#### Brandschutz

Es sind keine gesonderten Anforderungen vorhanden.

#### 4.3.2.3 Fügechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

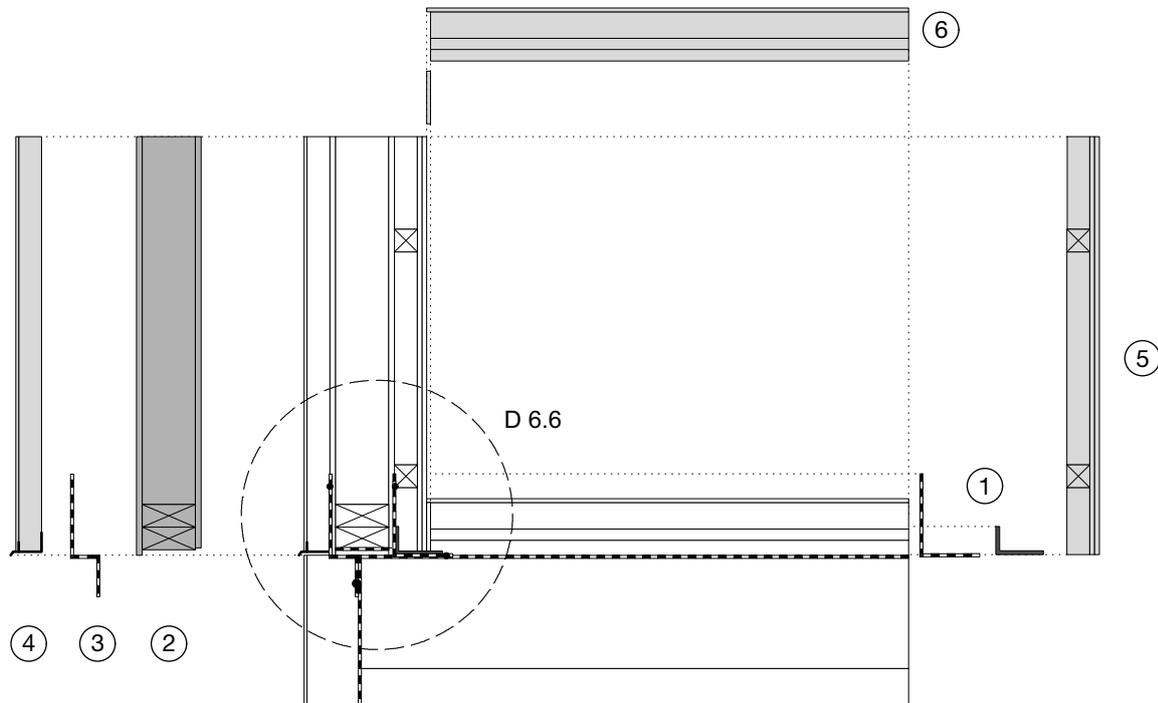


Abb. 4-30 Montagereihenfolge - Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

1. Befestigung des Stahlwinkels an Stb.-Bodenplatte nach Anschlussdetail inkl. luftdichter Folie
2. Herstellung der Nivellierschwelle und anschließende Montage Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
3. Anbringung der vorbereiteten Bauwerksabdichtung nach 18195-4:2011-12
4. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
5. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Hinweis: Lattung mit konstruktivem Abstand zur Stb.-Decke zur Verbesserung des Wärmeschutzes)
6. Erstellung Fußbodenaufbau



## 5 Horizontale Bauteilanschlüsse

### 5.1 Eckstoß Außenwand

#### 5.1.1 Anschlussdetail, M 1:20

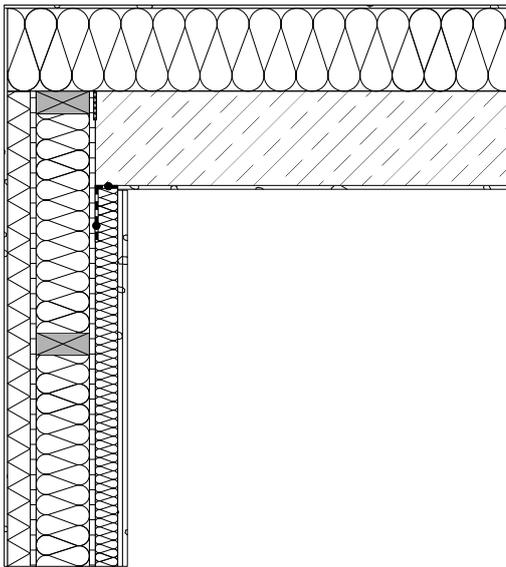


Abb. 5-1 Eckstoß Außenwand WA1-3 - Außenwand WA4

#### Verwendete Bauteile

WA1, WA4 (Wärmebrückenberechnung mit WA1-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Kompriband

#### Schallschutz

Keine Schallschutzangaben erforderlich.

#### Wärme- und Feuchteschutz

Keine Bemerkungen

#### 5.1.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

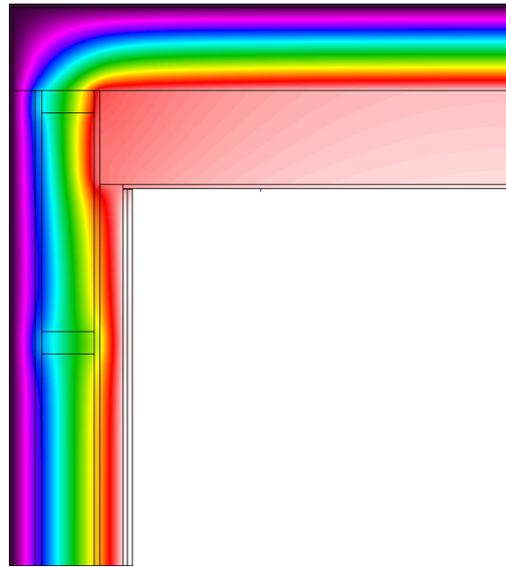


Abb. 5-2 Isothermenverlauf Eckstoß WA1-3 - WA4

#### Ergebnisse Wärmebrückenberechnung

$\psi_e$ [W/mK]	-0,022
$f_{Rsi}$ [-]	0,92

#### Brandschutz

Es sind keine gesonderten Anforderungen vorhanden. Es muss sichergestellt werden, dass im Stirnbereich der Stahlbetonwand keine Brandnebenwege in das darüber liegende Geschoss existieren.

### 5.1.3 Fügetechnik, Montagereihenfolge, M 1:20

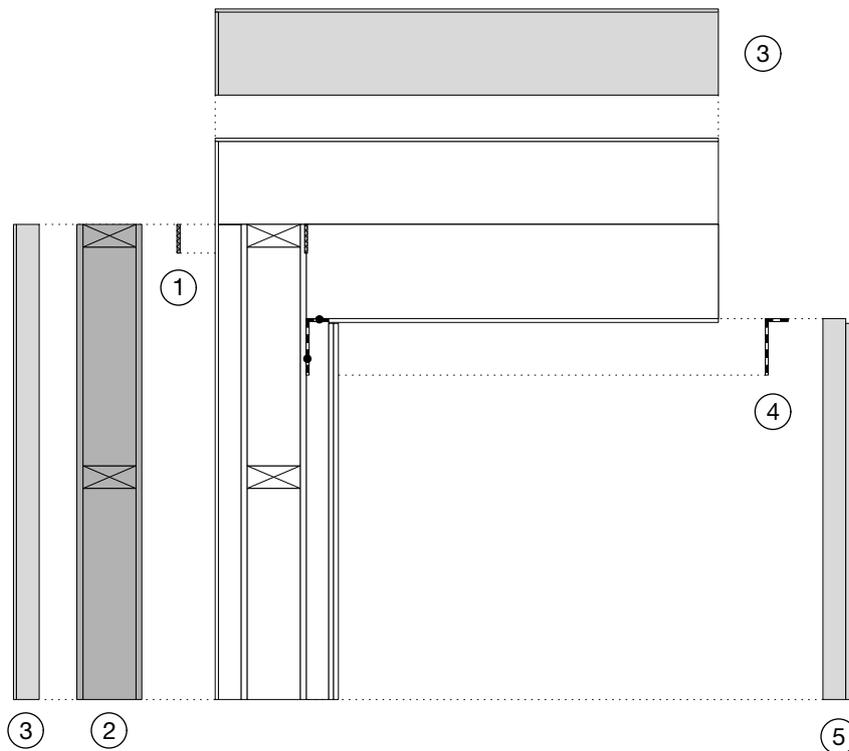


Abb. 5-3 Montagereihenfolge - Eckstoß Außenwand

#### Beschreibung der Montagereihenfolge

Die Befestigung der HRB-Elemente erfolgt an den vertikalen Stößen nach den Bauteilanschlüssen in Kapitel 4 und 6. Zusätzlich können unter Berücksichtigung des Schallschutzes konstruktive Verbindungsmittel angeordnet werden.

1. Anbringung Komprimband and Stirnseite Stb.-Wand
2. Montage Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
3. Montage Fassadensystem (hier: WDVS)
4. Herstellung der Luftdichtheitsebene mit Klebeband
5. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)



## 5.2 Stoß Innenwand - Außenwand

### 5.2.1 Anschlussdetail, M 1:20

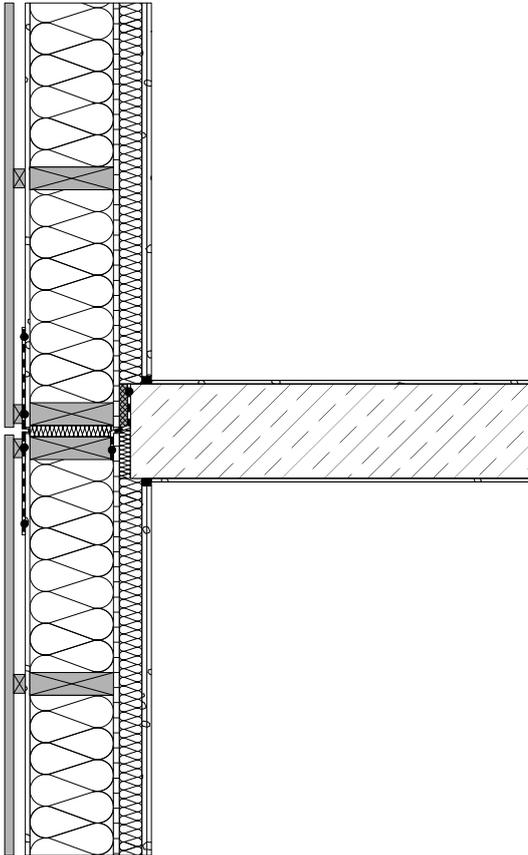


Abb. 5-4 Stoß Innenwand WI1 - Außenwand WA2-3

#### Verwendete Bauteile

WI1, WA2 (Wärmebrückenberechnung mit WA2-3)

#### Ergänzende Baustoffe

Abdichtungsfolie bzw. Klebeband, Kompriband, Dämmung Stoß und Fuge

#### Schallschutz

$D_{n,f,w} = 70$  dB

#### Wärme- und Feuchteschutz

Bei der WB-Berechnung ist das Kompriband mit einer Dicke  $d = 30$  mm und einer Wärmeleitstufe WLS 052 berücksichtigt. Bei der WB-Berechnung ist der Wandelementstoß desweiteren mit einer Dämmung der Wärmeleitstufe WLS 040 ausgeführt.

Ergebnisse Wärmebrückenberechnung	
$\psi_e$ [W/mK]	0,055
$f_{Rsi, links}$ [-]	0,97
$f_{Rsi, rechts}$ [-]	0,97

### 5.2.2 Isothermenverlauf Anschluss, M 1:20

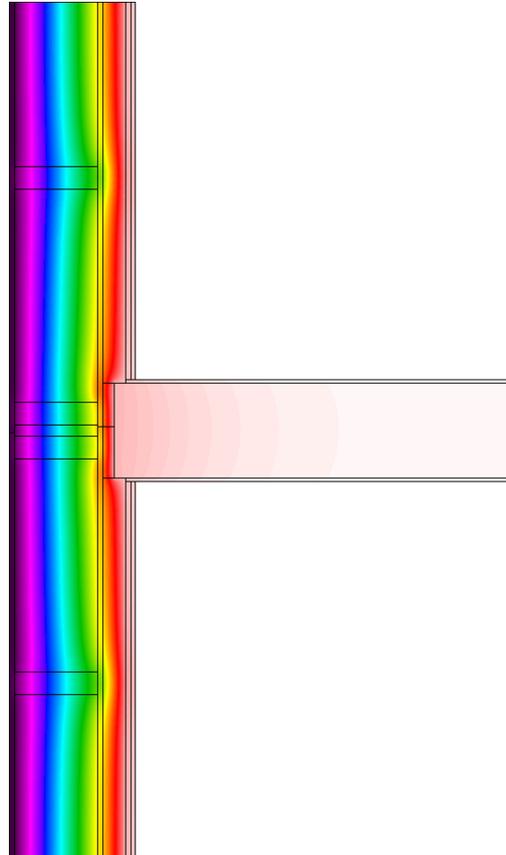


Abb. 5-5 Isothermenverlauf Stoß WI1 - WA2-3

#### Brandschutz

Eine Brandausbreitung auf und in den Außenwänden gemäß § 28 (1) MBO wird ausreichend lang begrenzt.

Darüberhinaus gilt es die Anforderungen an die Brandnebenwege nach Kapitel 2.2.3.5 auf Seite 25 zu beachten.

### 5.2.3 Fügetechnik, Montager Reihenfolge, M 1:20

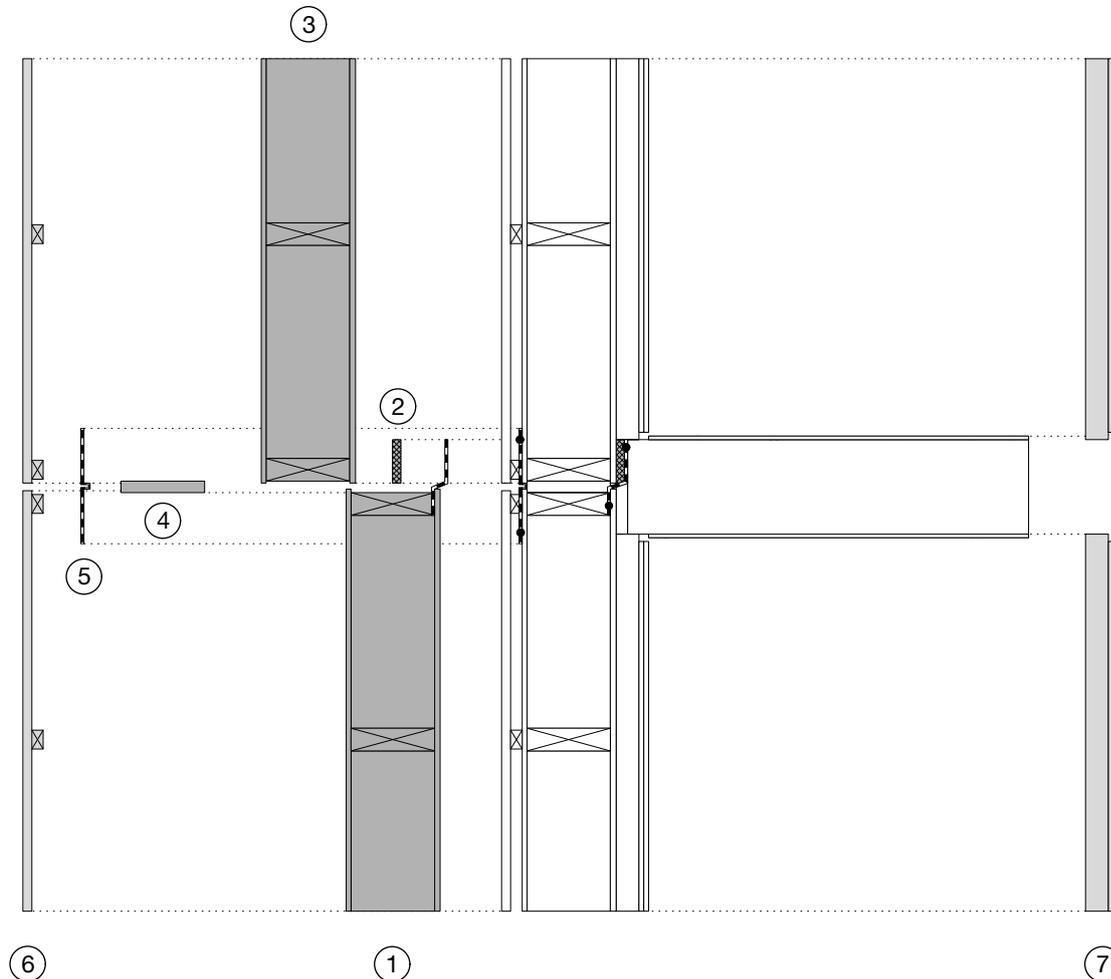


Abb. 5-6 Montager Reihenfolge - Stoß Innenwand - Außenwand

#### Beschreibung der Montager Reihenfolge

Die Befestigung der HRB-Elemente erfolgt an den vertikalen Stößen nach den Bauteilanschlüssen in Kapitel 4 und 6. Zusätzlich können unter Berücksichtigung des Schallschutzes konstruktive Verbindungsmittel angeordnet werden.

1. Montage 1. Kernelement (geschlossenes HRB-Element) inkl. Verklebung Luftdichtheitsfolie
2. Anbringung Kompriband and Stirnseite Stb.-Wand
3. Montage 2. Kernelement (geschlossenes HRB-Element)
4. Ausfüllung des Hohlraums mit Dämmstreifen nach DIN EN 13162 (mit Schmelzpunkt >1000°C)
5. Ausführung der Winddichtung mittels Folie und Klebeband
6. Montage Fassadensystem (hier: hinterlüftete Fassade) mit Stoßfuge
7. Ausführung der Installationsebene (hier mit horizontaler Lattung)  
(Zur Verbesserung des Schallschutzes ist die GKF-Platte umlaufend zu Wand, Decke und Fußboden abzudichten)



## 6 Verbindungsmitteldetails

Im Folgenden werden Basisdetails mit den statisch erforderlichen Verbindungsmitteln abgebildet.

Die Dimensionierung erfolgte auf Eingangswerten, welche unter Kap. 5.1.2 des Hauptberichts genannt sind. Die Dimensionierung ist nicht allgemeingültig. Eine separate Berechnung ist unerlässlich, wodurch abweichende Bemessungsergebnisse möglich oder auch wahrscheinlich sind.

Die Bemessung erfolgte nach der praktischen Umsetzbarkeit der Anschlüsse, sodass sowohl die normativen Anforderungen als auch die praktischen Gesichtspunkte erfüllt werden.

Dabei wurde zunächst für alle Details ein Verbindungsmittele Abstand  $a \leq 2,00$  m angenommen.

So sind die Stahlprofile klein genug, um vom Estrich bedeckt zu werden, bieten aber ebenso genügend Spielraum für die Justierung bei der Montage.

Zur Montage der Profile an die Stahlbetonstruktur wurde ein horizontales Langloch vorgeschlagen. Damit in diese Richtung Horizontallasten aufgenommen werden können, ist das verbleibende Langloch

bzw. der Ringspalt durch ein bauaufsichtlich zugelassenes Bauprodukt zu verfüllen. Alternativ werden auch Systeme mit einer mechanischen Zackenverbindung angeboten.

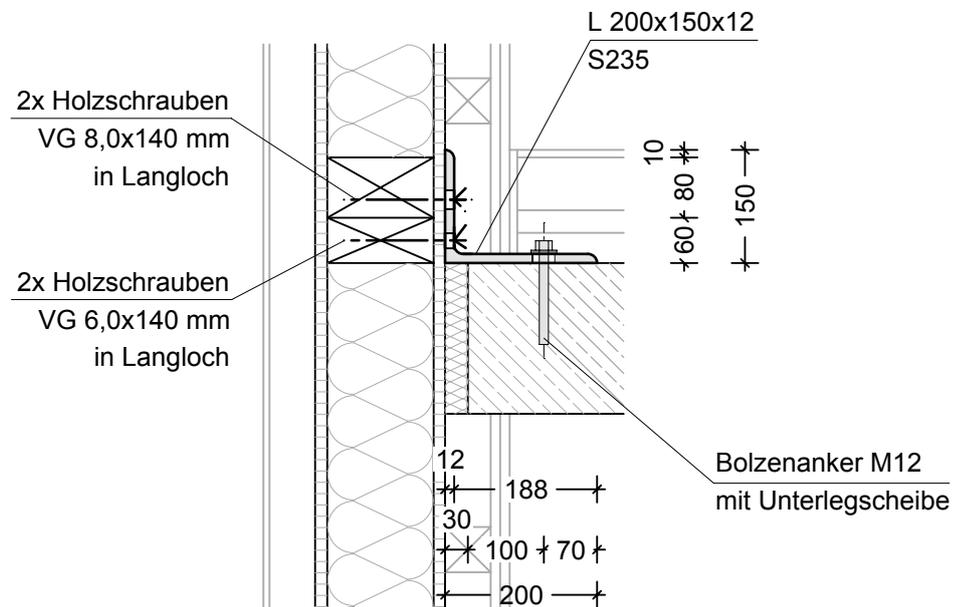
Die Vollgewinde-Holzschrauben sind in der Regel vorzubohren. Die Verschraubung sollte in den Rähm bzw. in die Schwelle erfolgen, damit die erforderlichen Rand- und Verbindungsmittele Abstände reduziert werden können.

Die Bolzenanker wurden bewusst weiter nach Innen gezogen, so dass sie innerhalb der Randbewehrung liegen und somit eine ausreichende Lastausbreitung gewährleistet wird. Die Mindestrandabstände werden demnach eingehalten, die für die jeweilige Tragfähigkeit des Bolzenankers erforderlichen Rand- und Verbindungsmittele Abstände sind im Einzelfall zu prüfen.

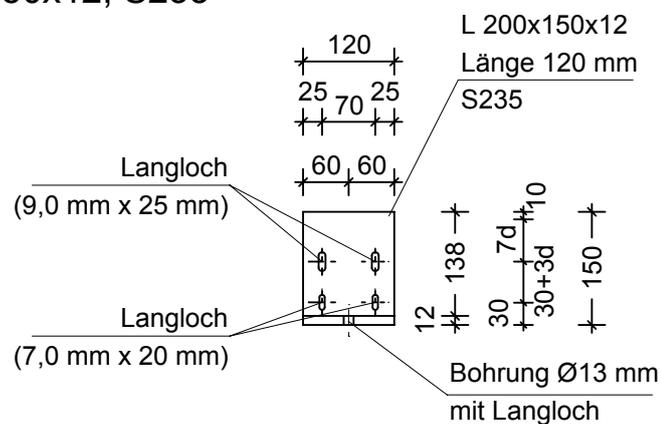
Generell gilt, dass lediglich Holzschrauben und Bolzenanker verwendet werden dürfen, die gültige bauaufsichtliche Zulassungen ABZ oder ETA aufweisen. Die Stahlwinkel wurden nach der DIN EN 10056-1:2015-05 gewählt.

## 6.1 Geschossdeckenanschluss, vorgestellt

Maßstab M 1:10



### Ansicht Stahlprofil L 200x150x12, S235

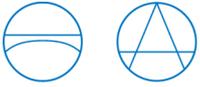


Ausführung des Langlochs  
mit nachträglicher Herstellung  
des Kraftschlusses nach  
Herstellerezulassung

Abb. 6-1 Verbindungsmitteldetail - Geschossdeckenanschluss, vorgestellt

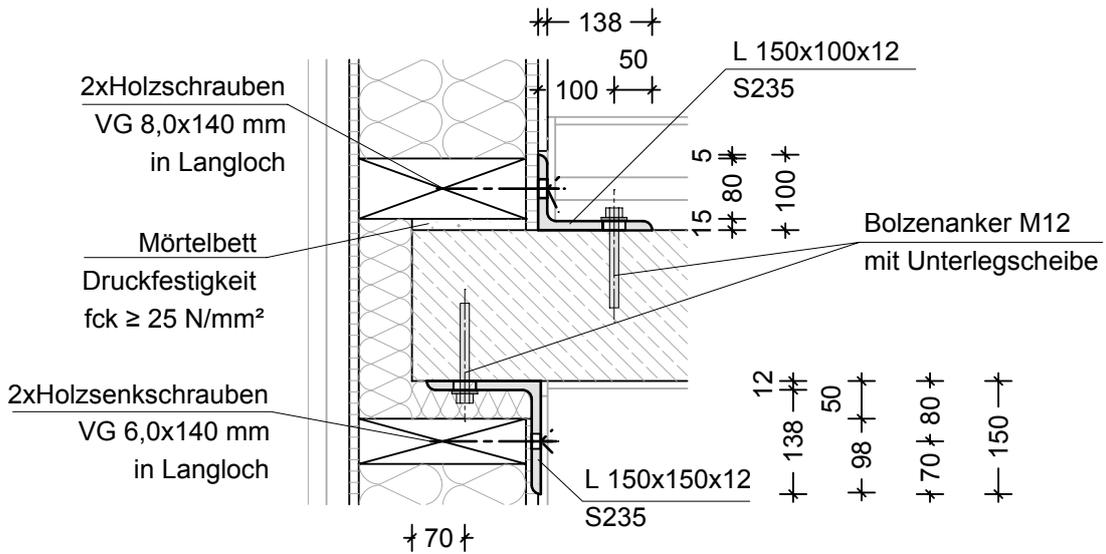
#### **Anmerkung:**

Im vorliegenden Detail ist der Geschossdeckenanschluss der vorgestellten Variante dargestellt. Die Montage erfolgt für die Elemente beider Etagen von oben. Mithilfe eines Standard-L-Profils wird das Element an den Massivbau angeschlossen. Dabei werden die vertikalen Lasten im quasi-ständigem Lastfall über die HRB-Elemente bis ins Fundament geleitet und im Brandfall geschossweise abgetragen.



## 6.2 Geschossdeckenanschluss, eingestellt

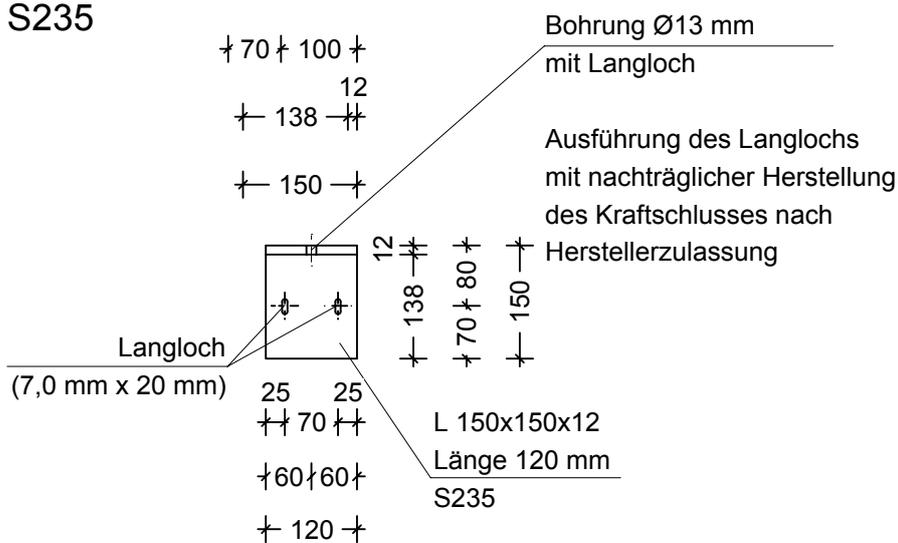
Maßstab M 1:10



### Ansicht Stahlprofil

unten:

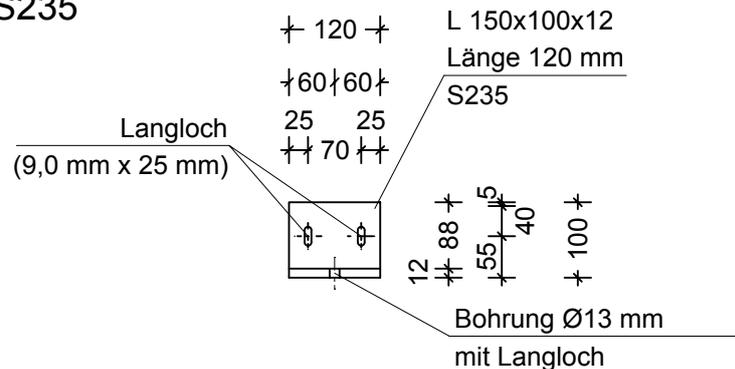
L 150x150x12,  
S235



### Ansicht Stahlprofil

oben:

L 150x100x12,  
S235



Ausführung des Langlochs  
mit nachträglicher Herstellung  
des Kraftschlusses nach  
Herstellerezulassung

Abb. 6-2 Verbindungsmitteldetail - Geschossdeckenanschluss, eingestellt

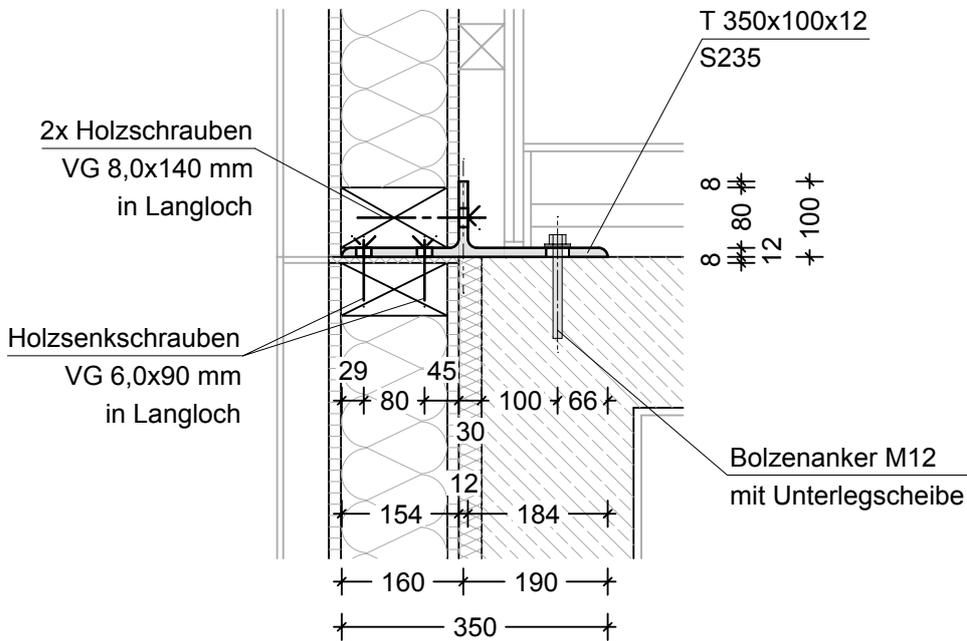
#### **Anmerkung:**

Mit diesem Detail wird der Geschossdeckenanschluss der eingestellten Variante dargestellt. Die Montage erfolgt für das untere Element von unten und für das obere Element von oben. Mithilfe eines Standard-L-Profils wird das Element an den Stahlbetonbau angeschlossen. Der untere Stahlwinkel ist zwingend vor dem Einstellen des Elements zu montieren und auszurichten. Um den Verbindungsmittelanschluss unsichtbar machen zu können, muss die OSB-Platte im Anschlussbereich ca. zur Hälfte eingefräst werden. Um Unebenheiten auszugleichen, wird das Fassadenelement auf ein Mörtelbett gestellt und ausgerichtet.



### 6.3 Geschossdeckenanschluss mit Randunterzug

Maßstab M 1:10



#### Ansichten Stahlprofil T 350x100x12, S235

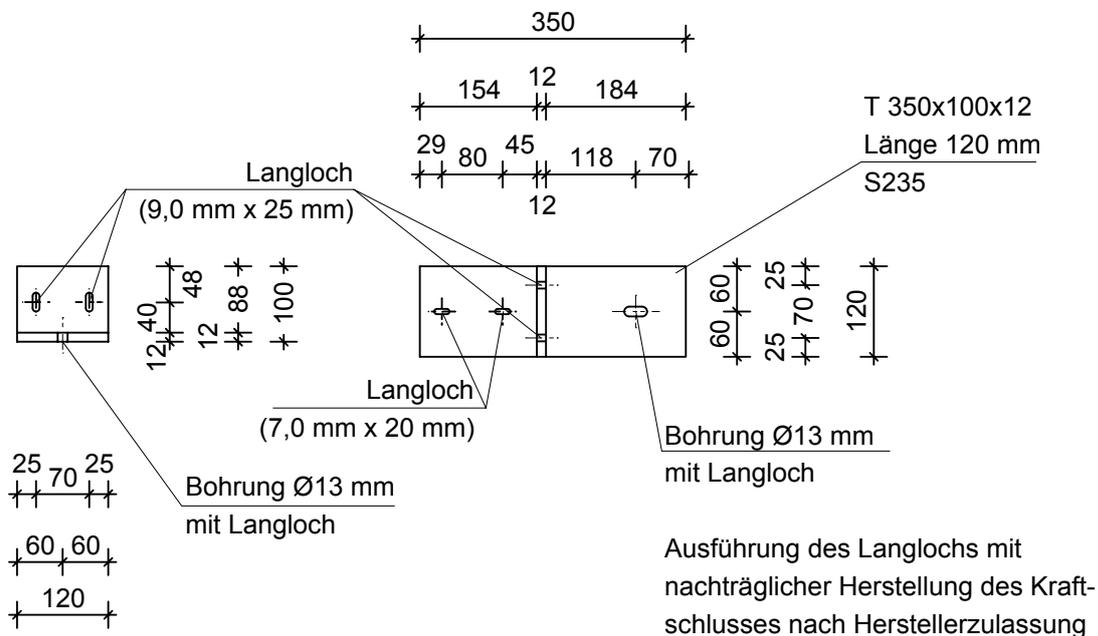


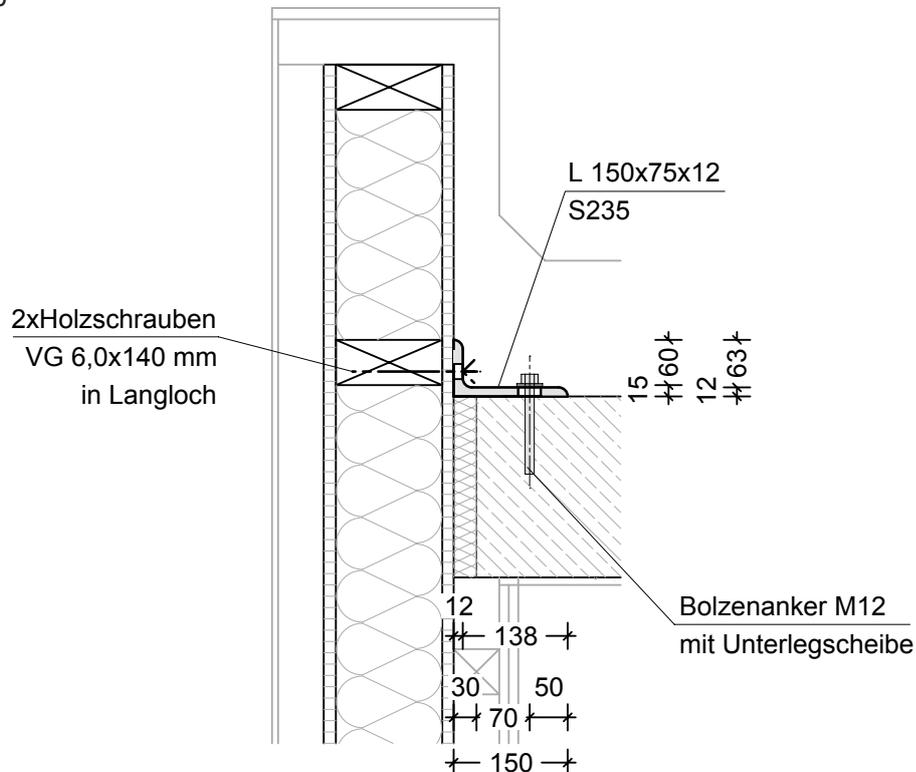
Abb. 6-3 Verbindungsmitteldetail - Geschossdeckenanschluss mit Randunterzug

#### Anmerkung:

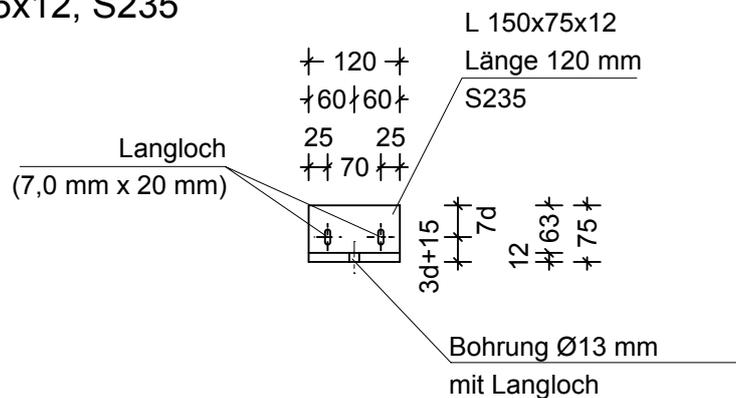
Hier wird der Geschossdeckenanschluss der vorgestellten Variante mit Randunterzug gezeigt. Die Montage erfolgt für die Elemente beider Etagen von oben. Mithilfe eines speziellen T-Profiles wird das Element mit dem Stb.-Tragwerk verbunden. Für die Befestigung des unteren Wandelements sind ggf. Futterbleche erforderlich. Das obere Element wird auf den Winkel gesetzt. Somit kann auf eine Befestigung des unteren Elements am Unterzug verzichtet werden, welche nur mit großem Aufwand zu verdecken wäre. Zusätzlich ist diese Variante als alternative Lösung zu Detail unter Kapitel 6.1 zu sehen.

## 6.4 Flachdachanschluss

Maßstab M 1:10



### Ansicht Stahlprofil L 150x75x12, S235



Ausführung des Langlochs  
mit nachträglicher Herstellung  
des Kraftschlusses nach  
Herstellerezulassung

Abb. 6-4 Verbindungsmitteldetail - Flachdachanschluss

#### **Anmerkung:**

Mit dem dargestellten Detail wird der Flachdachanschluss illustriert. Die Montage erfolgt von oben. Mithilfe eines Standard-L-Profiles wird das Element an den Massivbau angeschlossen. Dabei werden die vertikalen Lasten im quasi-ständigem Lastfall über die HRB-Elemente bis ins Fundament geleitet und im Brandfall geschossweise abgetragen.



## 6.5 Ortganganschluss

Maßstab M 1:10

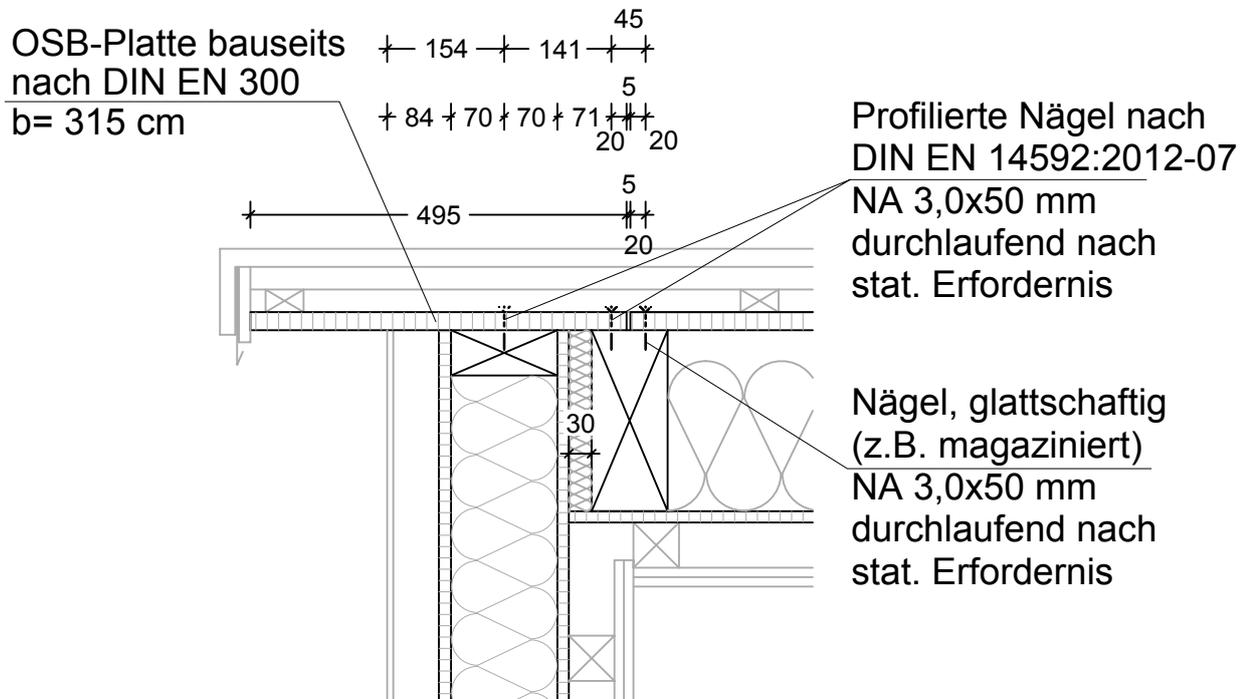


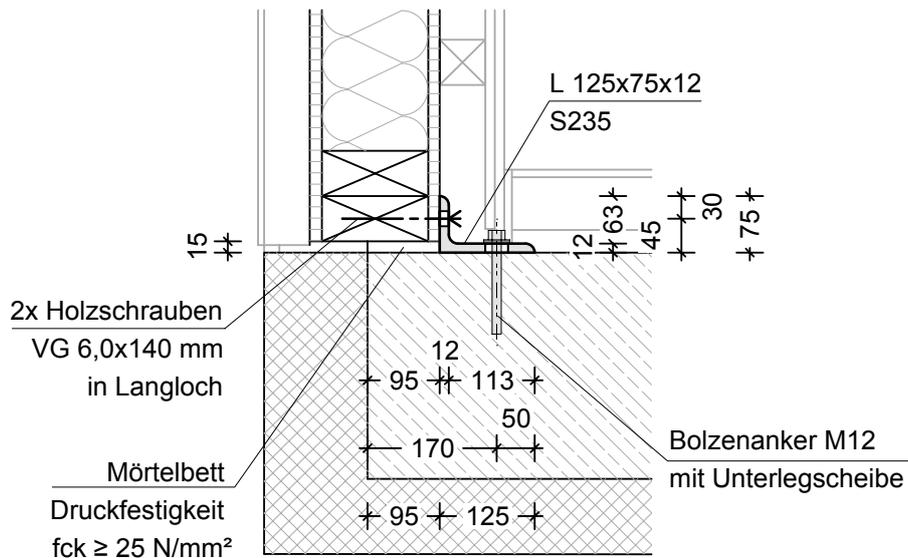
Abb. 6-5 Verbindungsmitteldetail - Ortganganschluss

### Anmerkung:

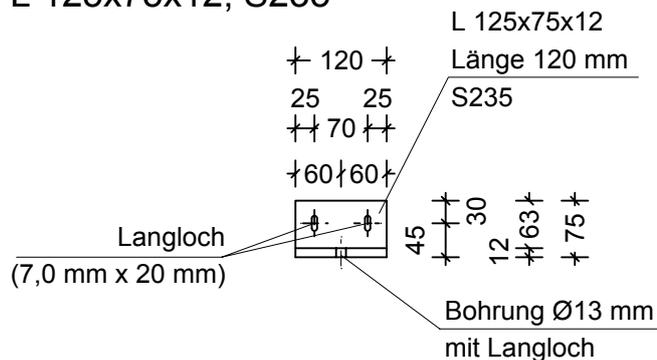
Mit diesem Detail wird ein möglicher Ortganganschluss dargestellt, bei dem zuerst das Dach und anschließend die Außenwand montiert wird. Der frei auskragende Überstand der Ortgangkonstruktion ist von der statisch wirksamen Höhe der verwendeten Holzwerkstoffplatte und von dem Verhältnis der Kragarmlänge zum Hebelarm innerhalb der Dachkonstruktion abhängig. Der Hebelarm bestimmt die aufzunehmenden Zugkräfte der Verbindungsmittel am Auflager, welches durch den Randsparren gebildet wird. Um die Auskragung des Ortgangs zu verlängern, muss der Abstand zwischen dem Rähm des HRB-Elements und dem Randsparren vergrößert werden.

## 6.6 Sockelanschluss

Maßstab M 1:10



### Ansicht Stahlprofil L 125x75x12, S235



Ausführung des Langlochs mit  
nachträglicher Herstellung des  
Kraftschlusses nach Herstellerzulassung

Abb. 6-6 Verbindungsmitteldetail - Sockelanschluss

#### Anmerkung:

Mit diesem Detail wird der Sockelanschluss gezeigt. Die Montage erfolgt ebenerdig von Innen. Die Abtragung der vertikalen Lasten erfolgt über Kontaktpression. Mithilfe eines Standard-L-Profiles wird das Element an den Stahlbetonsockel angeschlossen. Um Unebenheiten auszugleichen, wird das Fassadenelement auf ein Mörtelbett gestellt und ausgerichtet.



## Abbildungen

Abb. 2-1	Systembereiche: A) Fassade; B) Kernelement; C) Installationsebene (Eigene Darstellung)	10
Abb. 2-2	Aufbau einer Holzrahmenbauwand (Eigene Darstellung)	11
Abb. 2-3	Anschlussvarianten nichttragender Fassadenelemente (Eigene Darstellung)	11
Abb. 2-4	Durchsenkung des Randfeldes bei $h_{\text{Decke}} = 0,20 \text{ m}$ und $p = 2,30 \text{ kN/m}^2$ (Eigene Darstellung)	13
Abb. 2-5	Durchsenkung des Randfeldes bei $h_{\text{Decke}} = 0,25 \text{ m}$ und $p = 5,0 \text{ kN/m}^2$ (Eigene Darstellung)	13
Abb. 2-6	Darstellung der Wärmeübertragungswege durch eine raumabschließende Konstruktion (DIN EN 1995-1-2, 2010)	14
Abb. 2-7	Schnittskizze eines Geschossdeckenstoßes inklusive der Verbindungsmittel (Eigene Darstellung)	16
Abb. 2-8	Statisches System des Geschossdeckenstoßes (Eigene Darstellung)	16
Abb. 2-9	Ausnutzung des geschützten Stahlprofils für die außergewöhnliche Bemessungssituation im Brandfall (Eigene Darstellung)	17
Abb. 2-10	Dübelkräfte bei Brandbeanspruchung (Eigene Darstellung)	17
Abb. 2-11	Statische Systeme der quasi-ständigen Bemessungssituation und der außergewöhnlichen Bemessungssituation im Brandfall (Eigene Darstellung)	17
Abb. 2-12	Farbskala für den Isothermenverlauf (THERM 7.3)	18
Abb. 2-13	Ausbildung von Überlappungen mit einseitigem Klebeband (DIN 4108-7, 2011, Bild 6)	20
Abb. 2-14	Anschluss der Luftdichtheitsbahn an eine Außenwand in Holzbauweise mit einseitigem Klebeband (DIN 4108-7, 2011, Bild 12)	20
Abb. 2-15	Anschluss einer Luftdichtheitsbahn an eine Durchdringung unter Einsatz einer vorkonfektionierten Manschette oder eines Formteils (DIN 4108-7, 2011, Bild 17)	20
Abb. 2-16	Abdichtung von Plattenstößen mit einseitigem Klebeband (DIN 4108-7, 2011, Bild 18)	20
Abb. 2-17	Abdichtung von Gipsplattenstößen mit Spachtelsystemen (DIN 4108-7, 2011, Bild 20)	20
Abb. 2-18	Abdichtung von Gipsplattenstößen im Eckbereich mit Fugenspachtel (DIN 4108-7, 2011, Bild 21)	20
Abb. 2-19	Luftdichter Anschluss einer Außenwand in Holzbauweise an eine massive Trennwand (DIN 4108-7, 2011, Bild 22)	21
Abb. 2-20	Anschluss der Luftdichtheitsschicht an eine Fundamentplatte aus Beton mit Klebemasse (DIN 4108-7, 2011, Bild 23)	21
Abb. 2-21	Vereinfachte Entscheidungsabfolge zur Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse (DIN 68800-1, 2011, Bild D.1)	28

---

Abb. 2-22	Zuordnung von Holzbauteilen bzw. Systembereiche des Fassadenelements zu einer Gebrauchsklasse (Eigene Darstellung)	29
Abb. 3-1	Horizontalschnitt Wandaufbau WA1-1	40
Abb. 3-2	WA1-1 - Übersicht bauphysikalische Kennwerte	40
Abb. 3-3	Horizontalschnitt Wandaufbau WA1-2	42
Abb. 3-4	WA1-2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	42
Abb. 3-5	Horizontalschnitt Wandaufbau WA1-3	44
Abb. 3-6	WA1-3 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	44
Abb. 3-7	Horizontalschnitt Wandaufbau WA2-1	46
Abb. 3-8	WA2-1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	46
Abb. 3-9	Horizontalschnitt Wandaufbau WA2-2	50
Abb. 3-10	WA2-2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	50
Abb. 3-11	Horizontalschnitt Wandaufbau WA2-3	52
Abb. 3-12	WA2-3 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	52
Abb. 3-13	Horizontalschnitt Wandaufbau WA3-1	54
Abb. 3-14	WA3-1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	54
Abb. 3-15	Horizontalschnitt Wandaufbau WA3-2	56
Abb. 3-16	WA3-2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	56
Abb. 3-17	Horizontalschnitt Wandaufbau WA3-3	58
Abb. 3-18	WA3-3 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	58
Abb. 3-19	Horizontalschnitt Wandaufbau WA4	60
Abb. 3-20	WA4 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	60
Abb. 3-21	Horizontalschnitt Wandaufbau WI1	62
Abb. 3-22	WI1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	62
Abb. 3-23	Vertikalschnitt Flachdachaufbau DA1	64
Abb. 3-24	DA1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	64



---

Abb. 3-25	Vertikalschnitt Steildachaufbau DA2	66
Abb. 3-26	DA2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	66
Abb. 3-27	Vertikalschnitt Geschossdeckenaufbau DE1	68
Abb. 3-28	DE1 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	68
Abb. 3-29	Vertikalschnitt Geschossdeckenaufbau DE2	70
Abb. 3-30	DE2 - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	70
Abb. 3-31	Vertikalschnitt Bodenplattenaufbau BO	72
Abb. 3-32	BO - Übersicht über bauphysikalische Kennwerte	72
Abb. 4-1	Anschluss Flachdach DA1 - Außenwand WA1-3 mit Attika	74
Abb. 4-2	Isothermenverlauf Anschluss DA1 - WA1-3 mit Attika	74
Abb. 4-3	Montagenreihenfolge - Anschluss Flachdach mit Attika - Außenwand, vorgestellt	75
Abb. 4-4	Anschluss Flachdach DA1 - Außenwand WA1-3 ohne Attika	76
Abb. 4-5	Isothermenverlauf Anschluss DA1 - WA1-3 ohne Attika	76
Abb. 4-6	Montagereihenfolge - Anschluss Flachdach ohne Attika - Außenwand, vorgestellt	77
Abb. 4-7	Anschluss Steildach DA2 - Außenwand WA1-3	78
Abb. 4-8	Isothermenverlauf Anschluss DA2 - WA1-3	78
Abb. 4-9	Montagereihenfolge - Anschluss Ortgang Steildach - Außenwand, vorgestellt	79
Abb. 4-10	Anschluss Außenwand WA1-3 - Geschossdecke DE1	80
Abb. 4-11	Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - DE1	80
Abb. 4-12	Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt	81
Abb. 4-13	Anschluss Außenwand WA3-3 - Geschossdecke DE1	82
Abb. 4-14	Isothermenverlauf Anschluss WA3-3 - DE1	82
Abb. 4-15	Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke - Außenwand, eingestellt	83
Abb. 4-16	Balkonanschluss mit Außenwand WA1-3 - Geschossdecke DE1	84
Abb. 4-17	Isothermenverlauf Balkonanschluss mit WA1-3 - DE1	84
Abb. 4-18	Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke - Außenwand, vorgestellt - vorgestellter Balkon	85

---

Abb. 4-19	Anschluss Außenwand WA1-3 - Geschossdecke DE1 mit Randunterzug	86
Abb. 4-20	Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - DE1 mit Randunterzug	86
Abb. 4-21	Montagereihenfolge - Anschluss Geschossdecke mit Randunterzug - Außenwand, vorgestellt	87
Abb. 4-22	Anschluss Außenwand WA1-3 - Hohldielendecke DE2	88
Abb. 4-23	Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - DE2	88
Abb. 4-24	Montagereihenfolge - Anschluss Hohldielendecke - Außenwand, vorgestellt	89
Abb. 4-25	Anschluss Außenwand WA1-3 - Bodenplatte BO	90
Abb. 4-26	Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - BO	90
Abb. 4-27	Montagereihenfolge - Ebenerdiger Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt	91
Abb. 4-28	Anschluss Außenwand WA1-3 - Bodenplatte BO, ebenerdig	92
Abb. 4-29	Isothermenverlauf Anschluss WA1-3 - BO, ebenerdig	92
Abb. 4-30	Montagereihenfolge - Anschluss Bodenplatte - Außenwand, teilweise eingestellt	93
Abb. 5-1	Eckstoß Außenwand WA1-3 - Außenwand WA4	94
Abb. 5-2	Isothermenverlauf Eckstoß WA1-3 - WA4	94
Abb. 5-3	Montagereihenfolge - Eckstoß Außenwand	95
Abb. 5-4	Stoß Innenwand WI1 - Außenwand WA2-3	96
Abb. 5-5	Isothermenverlauf Stoß WI1 - WA2-3	96
Abb. 5-6	Montagereihenfolge - Stoß Innenwand - Außenwand	97
Abb. 6-1	Verbindungsmitteldetail - Geschossdeckenanschluss, vorgestellt	99
Abb. 6-2	Verbindungsmitteldetail - Geschossdeckenanschluss, eingestellt	101
Abb. 6-3	Verbindungsmitteldetail - Geschossdeckenanschluss mit Randunterzug	102
Abb. 6-4	Verbindungsmitteldetail - Flachdachanschluss	103
Abb. 6-5	Verbindungsmitteldetail - Ortganganschluss	104
Abb. 6-6	Verbindungsmitteldetail - Sockelanschluss	105



## Tabellen

Tab. 2-1	Darstellung der Nachweisformate und Bemessungswerte nach (DIN EN 1990, 2010)	10
Tab. 2-2	Empfohlene Ständerquerschnitte je Windzone, Bezugshöhe, Gebäudeklasse und Ständerlänge (Eigene Darstellung)	12
Tab. 2-3	Mindestmaße und -achsabstände für statisch bestimmt gelagerte, einachsig und zweiachsig gespannte Stahlbeton- und Spannbetonplatten nach (DIN 1992-1-2, 2010, Tab. 5.8)	15
Tab. 2-4	Übersicht von Teilsicherheitsbeiwerten und Lastfaktoren bei der Bemessung von Verbindungsmitteln bei Fassadenelementen unter Windbeanspruchung gemäß (DIN EN 1990/NA, 2010, DIN EN 1993-1-1, 2010 und DIN EN 1995-1-1, 2010)	16
Tab. 2-5	Klassifizierung des Brandverhaltens (DIN EN 13501-1, 2010)	21
Tab. 2-6	Beispiel OSB nach DIN EN 300:2006-09 (DIN 13986, 2015, Tabelle 8)	22
Tab. 2-7	Beispiel Gipsplatten nach DIN EN 520:2009-12 außer perforierten Platten (DIN EN 520, 2009)	22
Tab. 2-8	Hinterlegung der charakteristischen Leistungseigenschaften mit Leistungskriterien (DIN EN 13501-2, 2010)	23
Tab. 2-9	Europäische Klassen des Brandverhaltens von Baustoffen nach DIN EN 13501-2:2010:02 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen (DIN EN 13501-2, 2010)	24
Tab. 2-10	Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen nach DIN EN 13501-2 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Anforderungen (DIN 13501-2, 2010)	25
Tab. 2-11	Anforderungen für die Luft- und Trittschalldämmung von Innenbauteilen, exemplarisch für Wohnungstrennwände und Wohnungsdecken in Mehrfamilienhäusern (DIN 4109, 1989, DIN 4109-1, 2016 und VDI 4100, 2012)	27
Tab. 2-12	Einbaufeuchten bzw. Gebrauchsfeuchten von Bauteilen (Dinger, 2012)	29
Tab. 2-13	Anforderungen an Sockelausbildungen ohne weiteren Nachweis (DIN 68800-2, 2012, S.10)	29
Tab. 2-14	Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte für Baustoffe (alphabetisch sortiert) (Eigene Darstellung nach DIN 4108-4, 2013; DIN EN ISO 10456, 2010)	32
Tab. 2-15	Randbedingungen zur Berechnung der Wärmebrücken und Oberflächentemperaturen in THERM 7.3 (Eigene Darstellung nach DIN 4108 Beiblatt 2, 2006)	35
Tab. 2-16	Verwendete Ökodaten und Definition des EoL-Szenarios je Baustoff (Eigene Darstellung nach Ökobaudat 2011, o.J.)	36
Tab. 3-1	WA1-1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	40
Tab. 3-2	WA1-1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	41
Tab. 3-3	WA1-1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	41

---

Tab. 3-4	WA1-1 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m <sup>2</sup> Wandfläche	41
Tab. 3-5	WA1-2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	42
Tab. 3-6	WA1-2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	43
Tab. 3-7	WA1-2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	43
Tab. 3-8	WA1-2 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m <sup>2</sup> Wandfläche	43
Tab. 3-9	WA1-3 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	44
Tab. 3-10	WA1-3 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	45
Tab. 3-11	WA1-3 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	45
Tab. 3-12	WA1-3 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m <sup>2</sup> Wandfläche	45
Tab. 3-13	WA2-1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	46
Tab. 3-14	WA2-1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	47
Tab. 3-15	WA2-1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	47
Tab. 3-16	WA2-1 - Ökologische Bewertung der alternativen Fassade je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	48
Tab. 3-17	WA2-2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	50
Tab. 3-18	WA2-2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	51
Tab. 3-19	WA2-2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	51
Tab. 3-20	WA2-3 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	52
Tab. 3-21	WA2-3 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	53
Tab. 3-22	WA2-3 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	53
Tab. 3-23	WA3-1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	54
Tab. 3-24	WA3-1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	55
Tab. 3-25	WA3-1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	55
Tab. 3-26	WA3-2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	56
Tab. 3-27	WA3-2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	57
Tab. 3-28	WA3-2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	57
Tab. 3-29	WA3-3 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	58



---

Tab. 3-30	WA3-3 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	59
Tab. 3-31	WA3-3 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	59
Tab. 3-32	WA4 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen)	60
Tab. 3-33	WA4 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	61
Tab. 3-34	WA4 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	61
Tab. 3-35	WI1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau	62
Tab. 3-36	WI1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche	63
Tab. 3-37	WI1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Wandfläche der Wandbauteile	63
Tab. 3-38	DA1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)	64
Tab. 3-39	DA1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Dachfläche	65
Tab. 3-40	DA1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Dachfläche der Dachbauteile	65
Tab. 3-41	DA2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)	66
Tab. 3-42	DA2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Dachfläche	67
Tab. 3-43	DA2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Dachfläche der Dachbauteile	67
Tab. 3-44	DE1 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)	68
Tab. 3-45	DE1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Deckenfläche	69
Tab. 3-46	DE1 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Deckenfläche der Deckenbauteile	69
Tab. 3-47	DE2 - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)	70
Tab. 3-48	DE2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Deckenfläche	71
Tab. 3-49	DE2 - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Deckenfläche der Deckenbauteile	71
Tab. 3-50	BO - Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von oben nach unten)	72
Tab. 3-51	BO - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Bodenplattenfläche	73
Tab. 3-52	BO - Ökologische Bewertung je m <sup>2</sup> Bodenplattenfläche der Plattenbauteile	73

## Quellenverzeichnis

Dinger, B. (2012). DIN 68800 Holzschutz in der Praxis: Überblick mit Tiefgang, Konstruktiv vorbeugen, Holz zerstörende Pilze und Insekten. *mikado plus*, 2012/09.

Institut Bau und Umwelt e.V. (2009). *Umwelt-Produktdeklaration – nach ISO 14025: Kronotherm Holzfaserdämmung*. Abgerufen am 20.01.2016 von [http://bau-umwelt.de/download/CY1c67a99eX13aab7d9717X7d97/EPD-KRO\\_2009212\\_D.pdf](http://bau-umwelt.de/download/CY1c67a99eX13aab7d9717X7d97/EPD-KRO_2009212_D.pdf)

Kehl, D., & Borsch-Laaks, R. (2013) *PSI 7.38.xls: Handbuch zur Auswertungssoftware für die Wärmebrückenberechnung mit Therm 5.2 (Excel-Anwendung)*. Leipzig & Aachen.

Kolb, J. (2007). *Holzbau mit System*. Basel: Birkhäuser Verlag AG.

Jungmann, U., & Lambrecht, K. (2014). *EnEV 2014 im Bild: Praxisgerecht kommentiert und grafisch umgesetzt* (1. Auflage). Köln: Rudolf Müller.

Ökobaodat 2011. (o.J.). *Ökobaodat 2011*. Abgerufen am 29.02.2016 von <http://www.oekobaodat.de/>.

Rabold, A., Hessinger, J., & Bacher, S. (2006). *Erarbeitung eines Prognoseverfahrens zur Bestimmung der Schalldämmung von Holzständerwänden auf der Grundlage der Konstruktion und der verwendeten Werkstoffe: DGfH-Forschungsbericht des Labors für Schall- und Wärmemesstechnik, Ergänzende Messungen, Prüfnummer 31029010.V1*. Stephanskirchen: ift Rosenheim

LSW. (2004). *Prüfbericht 040213.V12 der LSW: Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH im Auftrag der DGfH*. Gefördert durch Holzabsatzfonds.

Rüter, S., & Diederichs S. (2012). *Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz*. Abgerufen am 20.01.2016 von [http://www.holzundklima.de/projekte/oekobilanzen-holz/docs/Rueter-Diederichs\\_2012\\_OekoHolzBau-Dat.pdf](http://www.holzundklima.de/projekte/oekobilanzen-holz/docs/Rueter-Diederichs_2012_OekoHolzBau-Dat.pdf).

Schleifer, V. (2009). *Zum Verhalten von raumabschließenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall*. Dissertation. Zürich: ETH Zürich.

TUM. (Hrgs.). (2014). *Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion: Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise in der Gebäudeklasse 4*. Abschlussbericht. München: Technische Universität München.

Weber, L., & Brandstetter, D. (2003). *Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämmverbundsystemen*. Forschungsbericht. Stuttgart: ibp Stuttgart



---

## Normen und Verordnungen

DIN 1045-2. (2008). *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zur DIN 206*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4102-17. (1990). *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 17: Schmelzpunkt Mineralwolle-Dämmstoffen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4108-2. (2013). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4108-3. (2014). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4108-4. (2013). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4108-7. (2011). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4108 Beiblatt 2. (2006). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109. (1989). *Schallschutz im Hochbau: Anforderungen und Nachweise*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109 Beiblatt 1. (1989). *Schallschutz im Hochbau: Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109 Beiblatt 1/A1. (1989). *Schallschutz im Hochbau: Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren – Änderung A1*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109 Beiblatt 2. (1989). *Schallschutz im Hochbau: Hinweise für die Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-11. (2003). *Schallschutz im Hochbau: Güte- und Eignungsprüfungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-1. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-2. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-4. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Bauakustische Prüfungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-31. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-32. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-33. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-34. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-35. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4109-36. (2016). *Schallschutz im Hochbau – Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Gebäudetechnische Anlagen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 18195-4. (2011). *Bauwerksabdichtungen – Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung*. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 18540. (2014). *Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 68800-1. (2011). *Holzschutz – Teil 1: Allgemeines*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 68800-2. (2012). *Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 68800-3. (2012). *Holzschutz – Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 206. (2014). *Beton – Eigenschaften, Herstellung und Konformität*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 300. (2006). *Platten aus langen, flachen, ausgerichteten Spänen (OSB) – Definitionen, Klassifizierung und Anforderungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 350. (2014). *Dauerhaftigkeit von Holz- und Holzprodukten – Prüfung und Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber biologischen Organismen, der Wasserdurchlässigkeit und der Leistungsfähigkeit von Holz und Holzprodukten*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 520. (2009). *Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1363-2. (1999). *Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren*. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1990. (2010). *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1990/NA. (2010). *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1991-1-1. (2010). *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.



---

DIN EN 1991-1-4. (2010). *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1991-1-4/NA. (2010). *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1992-1-1. (2011). *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1992-1-2. (2010). *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1992-1-2/NA. (2010). *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1993-1-1. (2010). *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1995-1-1. (2010). *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1995-1-2. (2010). *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1995-1-2/NA. (2010). *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 13162. (2015). *Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation*. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 13501-1. (2010). *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 13501-2. (2010). *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 13963. (2014). *Materialien für das Verspachteln von Gipsplattenfugen – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 13986. (2015). *Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen – Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 14592. (2012). *Holzbauwerkstoffe – Stiftförmige Verbindungsmittel – Anforderungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10140-1. (2014). *Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen in Prüfständen – Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10140-2. (2010). *Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen in Prüfständen – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10140-3. (2015). *Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen in Prüfständen – Teil 3: Messung der Trittschalldämmung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10140-4. (2010). *Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen in Prüfständen – Teil 4: Messverfahren und Anforderungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10140-5. (2014). *Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen in Prüfständen – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10211. (2008). *Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2007) – Deutsche Fassung EN ISO 10211:2007*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10848-1. (2006). *Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 1: Rahmendokument*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10848-2. (2006). *Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 2: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung geringen Einfluss hat*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10848-2 Berichtigung 1. (2007). *Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 2: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung geringen Einfluss hat*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10848-3. (2006). *Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 3: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung wesentlichen Einfluss hat*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 10456. (2010). *Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:2007 + Cor. 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 10456:2007 + AC:2009*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 12572. (2001). *Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 13370. (2008). *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren*. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 13789. (2008). *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient*. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN V 18599-2 (2011). *Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

E DIN EN 13381-7. (2014). *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrags zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 7: Brandschutzmaßnahmen für Holzbauteile*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

E DIN EN 13501-2. (2015). *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.

VDI 4100. (2012). *Schallschutz im Hochbau: Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.



---

## **Verwendete Software**

Adobe Indesign CS5.5

Lawrence Berkeley National Laboratory THERM 7.3

Microsoft Excel 2013

Microsoft Excelauswertung Wärmebrücken 2013 (Kehl & Borsch-Laaks, 2013)

Nemetschek Vectorworks 2015 SP2 R1 (64-Bit)

Sofistik 2014

