

Wand-Decken-Knoten in monolithischem Ziegelmauerwerk

Im Beitrag werden die aktuellen Anforderungen an das Detail Wand-Decken-Knoten im monolithischen Ziegelmauerwerk unter den Aspekten Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz und Statik zusammengestellt. Schallschutz, Brandschutz und Statik erfordern möglichst große Deckenauflagertiefen. Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) bietet die Möglichkeit zur Nutzung pauschaler Wärmebrückenzuschläge. Mit der Überarbeitung der DIN 4108-Bbl.2 wurden die erforderlichen wärmetechnischen Dämmmaßnahmen zum Erreichen des energetisch höherwertigen pauschalen Wärmebrückenzuschlags (Kategorie B) überarbeitet. Damit sind zukünftig wieder einfachere Detaillösungen (Wegfall der Dämmung der ersten Ziegellage) und größere Deckenauflagertiefen möglich.

Stichworte Ziegelmauerwerk; Wand-Decken-Knoten; Wärmebrücken; Stoßstellendämmung; Auflagertiefe

Wall-slab junction in monolithic external clay-unit masonry walls

The paper gives an overview of the existing requirements for the detail wall-slab junction in monolithic clay unit masonry under the aspects of thermal insulation, sound insulation, fire resistance and loadbearing capacity. The building energy regulation (GEG) allows the use of standardized surcharges for thermal bridges. The requirements concerning the necessary insulation measures were revised in the new version of DIN 4108-Bbl.2. This allows easier detailing for wall-slab junctions and greater support widths for slabs.

Keywords clay unit masonry; wall-slab junction; thermal bridges; joint insulation; support length

1 Einleitung

Außenwände von Hochbauten unterliegen aufgrund ihrer Vielzahl an Funktionen zahlreichen Anforderungen, die sich in folgende drei Hauptgruppen einteilen lassen:

- Bauphysikalische Anforderungen (sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz, Feuchte- und Witterungsschutz, Schallschutz, Brandschutz)
- Anforderungen an die Standsicherheit bzw. Tragfähigkeit (statische und dynamische Beanspruchungen) und die Gebrauchstauglichkeit
- Anforderungen an die Nachhaltigkeit (lokale und globale Aspekte der Ökologie, Ökonomie, Dauerhaftigkeit, Wohngesundheit, Ästhetik, Sicherheit u.v.m.).

Der folgende Beitrag nimmt wesentliche bauphysikalische und statische Aspekte in den Fokus und unterscheidet dabei im Hinblick auf die bestehenden Anforderungen zwischen drei in Deutschland typischen Außenwandkonstruktionen (Bild 1):

- monolithisches Mauerwerk
- zusatzgedämmtes Mauerwerk (mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS))
- zweischaliges Mauerwerk

Bei der monolithischen Bauweise werden die statischen und wärmetechnischen Aspekte in einer Materialschicht integriert. Somit ist keine zusätzliche wärmedämmende Schicht erforderlich.

Stetig steigende Anforderungen an den Wärmeschutz und die Energieeffizienz von Gebäuden sind getrieben von klimapolitischen Vorgaben und Zielwerten zur Einsparung von Energie und Treibhausgasemissionen (Bild 2). Konkret lauten die aktuellen klimapolitischen Forderungen der Bundesregierung, sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene einen klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Solche klimapolitischen Vorgaben sind seit Jahrzehnten Treiber für die Weiterentwicklung von Produkten für die monolithische Bauweise mit Ziegeln (Bild 3).

Um die wärmedämmenden Eigenschaften von Ziegelmauerwerk zu verbessern, haben die Hersteller in den letzten Jahrzehnten die Rohdichte deutlich verringert. Dies wurde zum einen durch Porosierung, zum anderen durch eine Optimierung des Lochbildes bewerkstelligt. Durch diese Optimierungsprozesse wurden die Ziegel leichter und die Wärmeleitfähigkeit konnte deutlich verringert werden. Seit etwa 20 Jahren wurde die Wärmeleitfähigkeit nochmals deutlich reduziert, indem in die statisch optimierten Lochungen Dämmstoffe (z.B. Perlite, Polystyrol, Mineralfaser- und Holzfaserdämmstoffe) eingebracht wurden. Durch diese Produktentwicklungen gelang es, stets den höchsten Ansprüchen an die Gebäudehülle ohne zusätzliche Dämmschichten zu genügen. Bild 4 zeigt einige beispielhafte hochwärmedämmende Ziegelprodukte für monolithische Außenwandkonstruktionen, welche problemlos die heutigen Anforderungen an den Wärmeschutz im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich erfüllen.

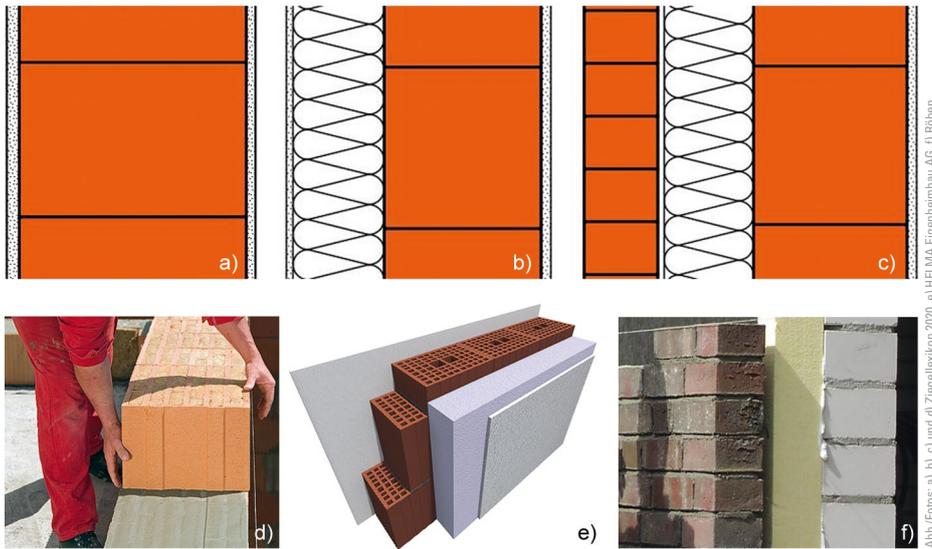


Bild 1 Typische Außenwandkonstruktionen aus Mauerwerk: a/d) Monolithisches Mauerwerk [1], b/e) zusatzgedämmtes Mauerwerk, c/f) zweischaliges Mauerwerk
 Typical layouts of external wall structures of masonry; a/d) monolithic masonry, b/e) masonry with additional insulation; c/f) veneer walls

Entwicklung des energiesparenden Bauens

Primärenergiebedarf Doppelhaushälfte – Heizung [kWh/m²a]

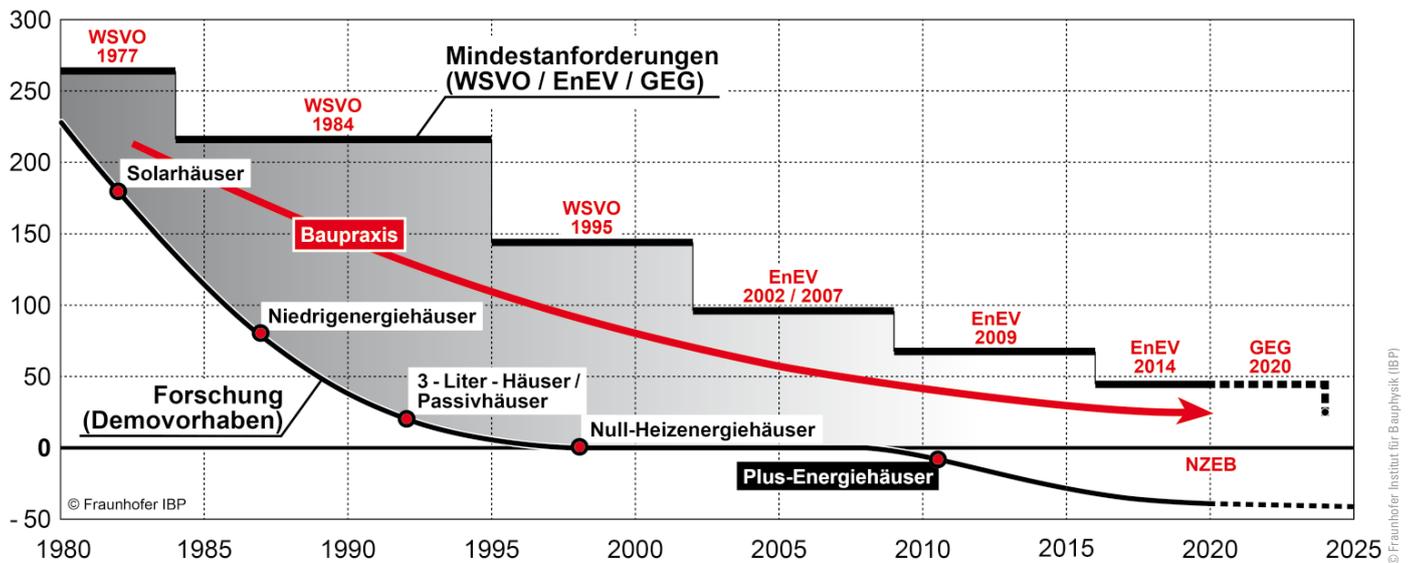


Bild 2 Entwicklung der energetischen Anforderungen an Gebäude
 Development of energetic requirements for residential buildings

Die Optimierung der energetischen Performance von Gebäuden bei gleichzeitiger Berücksichtigung statisch notwendiger Belange ist eine der wichtigsten Planungsaufgaben für alle am Bau Beteiligten der heutigen Zeit. Dies lässt sich beispielhaft am Wand-Decken-Knoten zeigen.

Hier trifft die wärmetechnisch notwendige Verringerung bzw. Vermeidung von Wärmebrückenverlusten auf statisch erforderliche Vorgaben zur Auflagertiefe von Decken auf Außenwänden (Lastabtrag). Bei der monolithischen Bauweise steht nur eine Teilfläche der Außenwand für das Deckenaufleger zur Verfügung ($a/t < 1$). Dies hat gleichzeitig eine lokale Verringerung des U -Wertes und

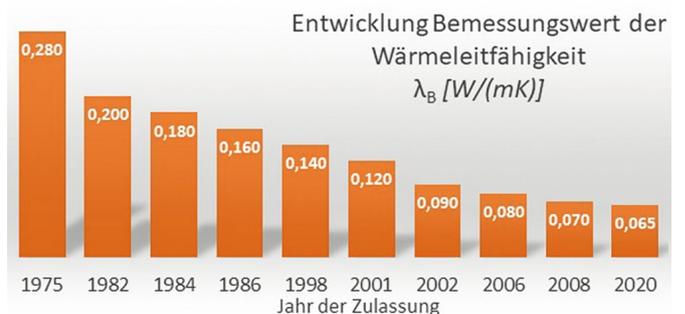


Bild 3 Entwicklung der Wärmeleitfähigkeit λ_B [W/(mK)] von Ziegeln für monolithisches Außenmauerwerk [1]
 Development of the thermal conductivity λ_B [W/(mK)] of clay units for monolithic external wall structures of masonry [1]

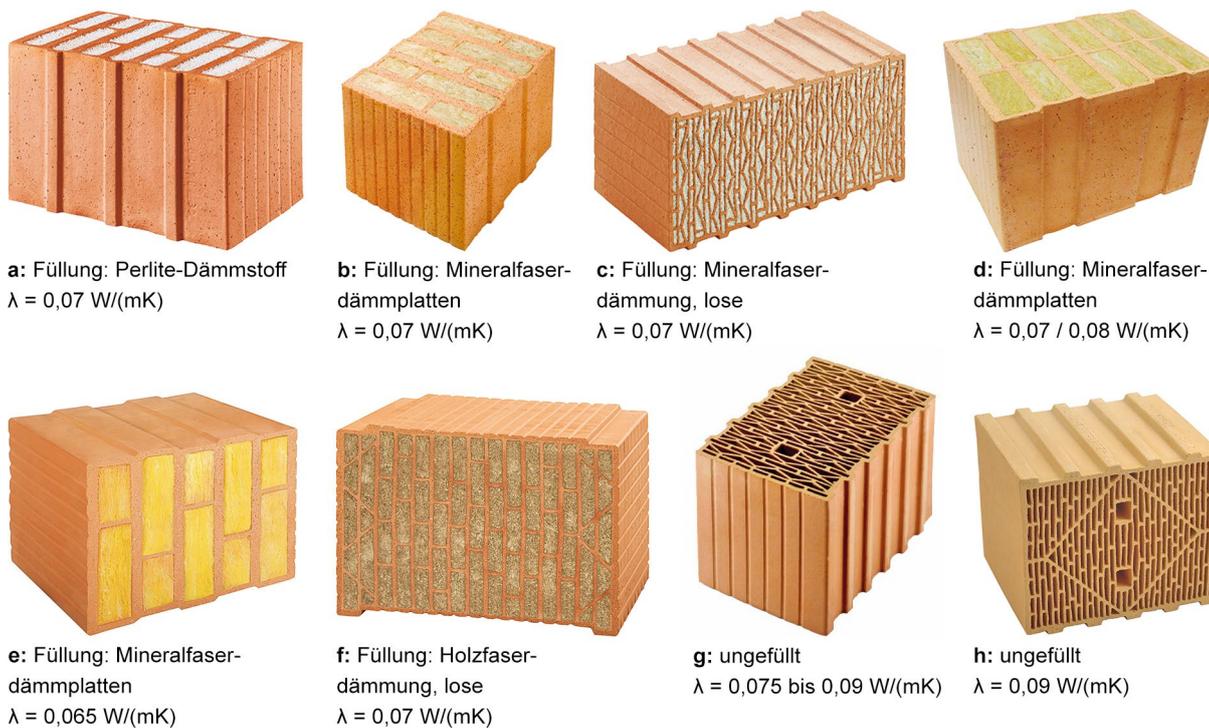


Bild 4 Auswahl von Ziegeln für monolithische Außenwände [1]
Selection of clay units for monolithic external walls [1]

damit eine Erhöhung des Wärmestromes an dieser Stelle zur Folge. Hier liegt eine Kombination aus geometrischer und materialbedingter Wärmebrücke vor. Für eine Prinzipdarstellung siehe Bild 5.

Diese Anschlussituation findet man im Hochbau nicht nur im Bereich einbindender Geschossdecken, sondern auch an Anschlüssen von Tiefgaragen- und Kellerdecken. Der Einfluss dieser Wärmebrücke auf die gebäudebezogenen Transmissionswärmeverluste wird umso größer je mehr Geschosse ein Gebäude aufweist. Somit kommt der Optimierung dieser Wärmebrücke eine wichtige Funktion im mehrgeschossigen Wohn- und Nichtwohnungsbau zu.

2 Ausführungsvarianten des Wand-Decken-Knotens

Für die Ausführung eines Wand-Decken-Knotens gibt es drei wesentliche Varianten: reine Stirndämmung (Bild 5a), Deckenrandelement (Bild 5b) und Deckenabmauerziegel.

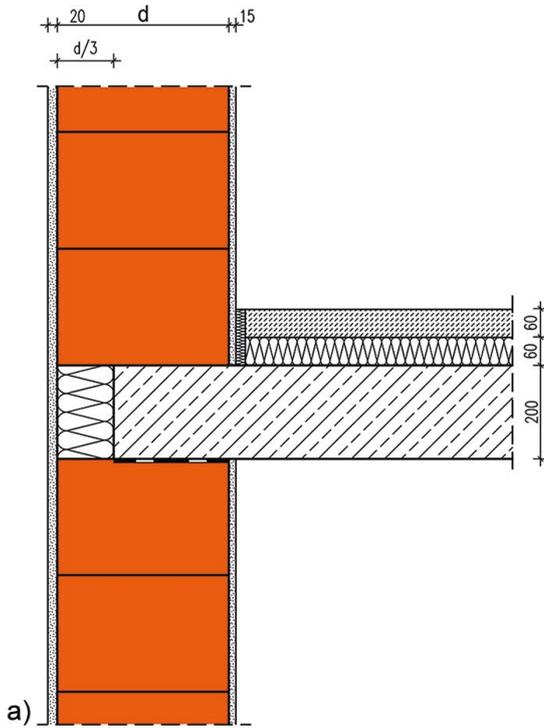
Die Ausführungsvariante mit Deckenabmauerziegel bzw. Deckenrandelement hat gegenüber der Variante mit ausschließlicher Stirndämmung den Vorteil der Herstellung eines einheitlichen Putzuntergrundes durch eine außenliegende Ziegelschale für das gleichmäßige Aufbringen des Außenputzes. Der Ziegel Wärmebrückenkatalog 5.0 enthält längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ -Werte) für folgende Ausführungsvarianten (s. Tab. 1).

3 Bauphysikalische Betrachtung des Wand-Decken-Knotens

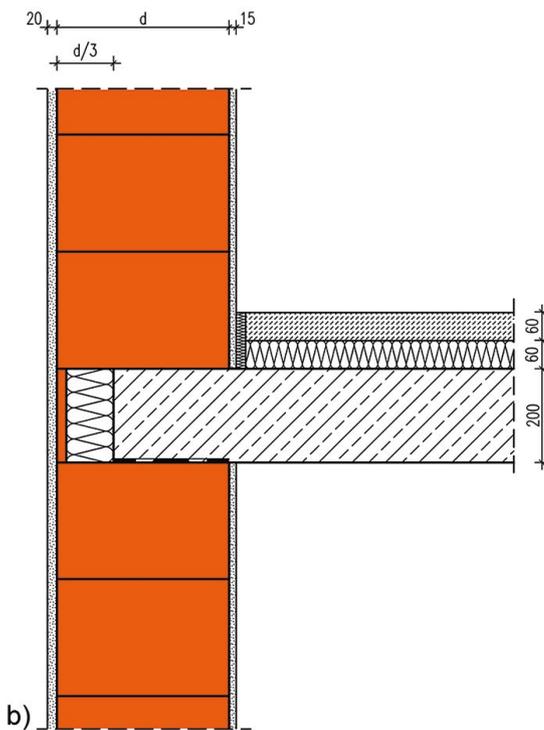
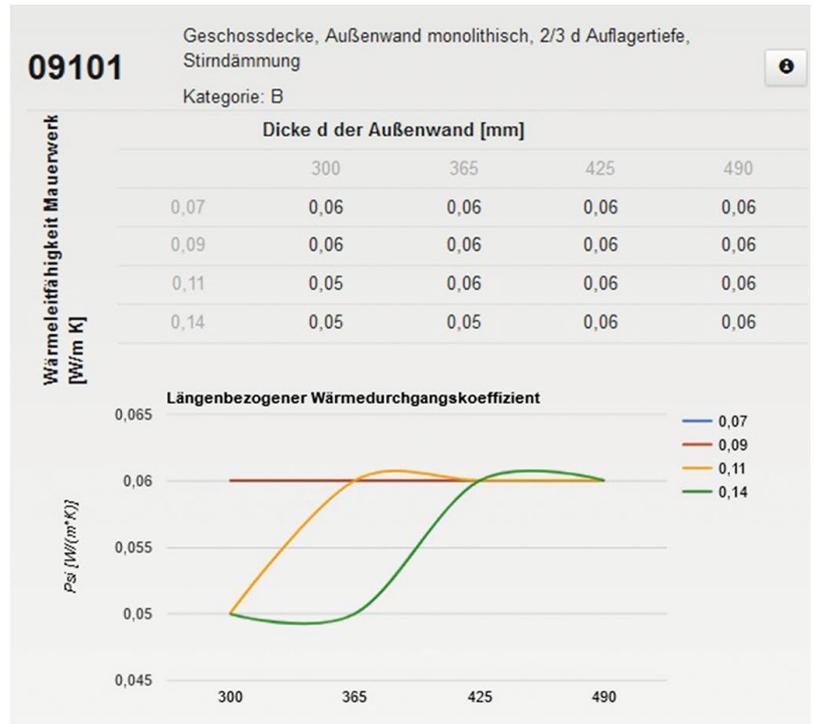
3.1 Wärmeschutz – Wärmebrückenminimiertes Bauen

Die Anschlussituation am Wand-Decken-Knoten stellt in monolithischem Mauerwerk eine geometrische und materialbedingte Wärmebrücke dar. Grund dafür ist die inhomogene Bauteilgeometrie, welche – zusätzlich verstärkt durch verschiedene Materialien – einen Wärmestrom im Bauteil verursacht, der nicht mehr senkrecht zur Bauteiloberfläche verläuft. Eine Berechnung dieser Wärmestromverläufe erfolgt computergestützt mit finiten Elementen und hat einen erhöhten Rechenaufwand für die Ermittlung des längenbezogenen Ψ -Wertes, welcher außenmaß- und außenluftbezogen ermittelt wird, zur Folge. Für (Fach-)Planer und Architekten gibt es die DIN 4108-Bbl.2, in der Empfehlungen für die konstruktive Planung und Ausführung von Wärmebrückendetails für eine energieeffiziente Gebäudehülle im Hochbau formuliert werden [3]. Die 2019 veröffentlichte umfangreich überarbeitete Neuausgabe enthält Detaillösungen für zwei energetische Standards (Kategorie A und Kategorie B). Diese beiden Standards haben bei entsprechender Umsetzung einen normalen ($\Delta U_{\text{WB,Kat.A}} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) und einen verbesserten ($\Delta U_{\text{WB,Kat.B}} = 0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) Wärmebrückenzuschlag für den Ansatz in der Ermittlung des Heizwärmebedarfs bei der energetischen Bilanzierung nach [4] zur Folge.

Für die verwendeten Wärmebrücken ist ein Nachweis der Gleichwertigkeit zur DIN 4108-Bbl.2 bzw. ein detaillierter Nachweis basierend auf eigenen Berechnungen zu



a)



b)

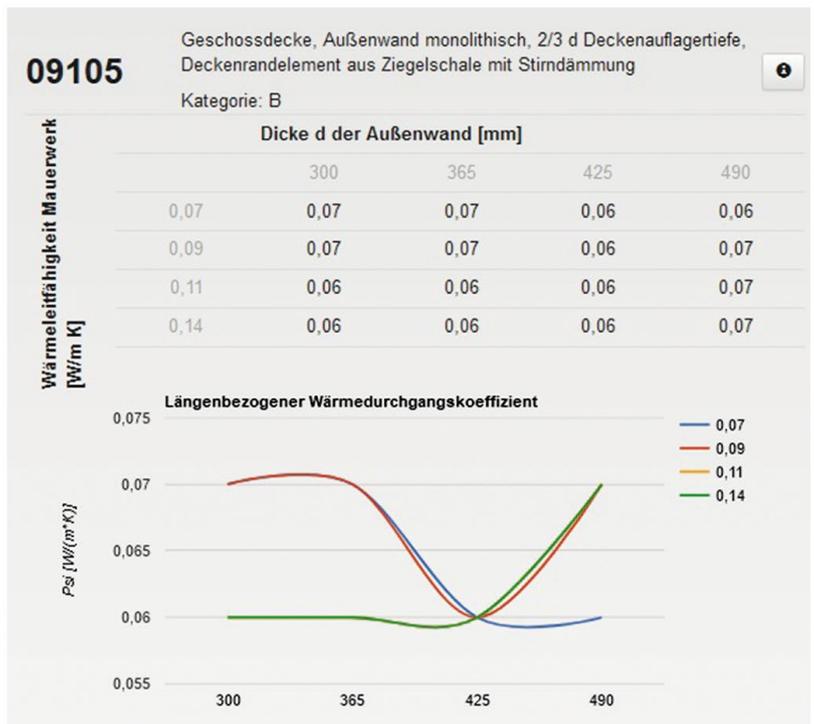


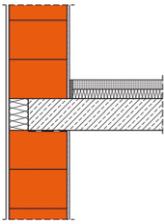
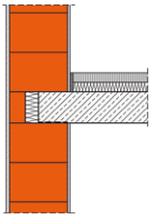
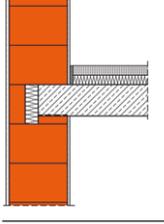
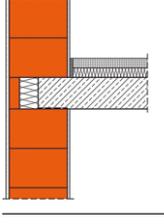
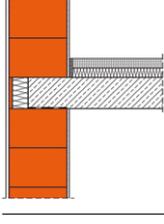
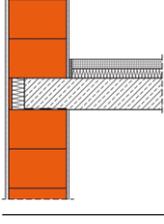
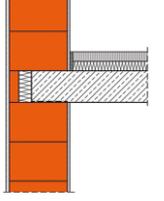
Bild 5 Auszug Ziegel Wärmebrückenatlas 5.0 [2] – Anschlussdetail einbindende Geschossdecke
Excerpt from Ziegel Wärmebrückenatlas 5.0 [2] – detail wall-slab junction

führen. Die Ziegelindustrie hat zur Unterstützung der Planung mit Ziegelprodukten einen umfassenden Katalog mit Ziegel-Wärmebrücken zusammengestellt, welcher zusätzlich als Online-Tool zur Berechnung von projektspezifischen Wärmebrückenzuschlägen sowie zur Nachweisführung der Gleichwertigkeit nach DIN 4108-Bbl.2 verwendet werden kann [2].

Für neu zu errichtende Gebäude gilt nach dem Gebäudeenergiegesetz § 12 [5] die Prämisse der Energieeffizienz

und Minimierung des Jahresheizwärmebedarfs für die konstruktive Ausbildung von Wärmebrücken. Dabei gibt es für die Berücksichtigung von Wärmebrückenverlusten in Abhängigkeit von der Nachweisform unterschiedliche Wärmebrückenzuschläge ΔU_{WB} (s. Tab. 2). Die im Inneren von hochwärmedämmenden Ziegelprodukten aufgrund des Lochbildes vorhandenen lateralen (also nicht senkrecht von Schichtgrenze zu Schichtgrenze fließenden) Wärmeströme sind dabei im Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks bereits berücksichtigt.

Tab. 1 Ausführungsdetails zum Wand-Decken-Knoten im Ziegel Wärmebrückenkatalog 5.0 [2]
Wall-slab junction systems in Ziegel Wärmebrückenkatalog 5.0 [2]

Bild	Ziegel-WB	Beschreibung
	09101	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, $2/3 \cdot d$ Deckenauf-lagertiefe, Stirndämmung
	09102	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, $0,5 \cdot d$ Deckenauf-lagertiefe, Deckenabmauerziegel 100 mm, Stirndämmung
	09103	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, $0,5 \cdot d$ Deckenauf-lagertiefe, Deckenabmauerziegel 100 mm, mit Höhenausgleich, Stirndämmung
	09104	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, $0,5 \cdot d$ Deckenauf-lagertiefe, Deckenabmauerziegel ≤ 65 mm, Stirndämmung
	09105	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, $2/3 \cdot d$ Deckenauf-lagertiefe, Deckenrandelement aus Ziegelschale mit Stirndämmung
	09106	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, $0,75 \cdot d$ Deckenauf-lagertiefe, Deckenrandelement aus Ziegelschale mit Stirndämmung
	09107	Geschossdecke, Außenwand monolithisch, Deckenrandschale 60 mm & 80 mm Stirndämmung

Der Nachweis der Gleichwertigkeit nach DIN 4108-Bbl.2 kann zum einen konstruktiv/bildlich erfolgen. Dafür ist es notwendig, dem real geplanten Anschlussdetail das konstruktive Grundprinzip des zugehörigen Normdetails zuzuordnen, indem

- die Anordnung der Bauteilschichten
- die Bauteilabmessungen (Schichtdicken) und
- die Materialeigenschaften

übereinstimmen. Alternativ kann die konstruktive Gleichwertigkeit auch über die Übereinstimmung der Wärmedurchlasswiderstände R je Bauteilschicht nachgewiesen werden.

Zum anderen kann eine Gleichwertigkeit zur DIN 4108-Bbl.2 rechnerisch, d.h. durch den Vergleich des eigens errechneten längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ mit dem Referenzwert aus der Norm, nachgewiesen werden. Für den Wand-Decken-Knoten bietet die DIN 4108-Bbl.2 für die monolithische Bauweise die Referenzausführungen nach Tab. 3 an.

Die Einhaltung des A-Referenzwertes für die Ausführung von Wärmebrücken nach DIN 4108-Bbl.2 steht für einen normalen energetischen Standard und ist folglich auch in den Referenzgebäudeanforderungen des GEG über den Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verankert.

Deutlich höhere Effizienzstandards für Gebäude können u.a. durch die Einhaltung von Kategorie-B-Wärmebrückendetails erreicht werden [6]. Die Ziegelindustrie bietet passende Sonderbauteile „Deckenrandelemente“ für die Minimierung der Wärmebrückeneffekte beim Wand-Decken-Knoten an, mit denen der Nachweis der Kategorie B möglich ist (Bild 6).

Die Auswertung von zweidimensionalen Wärmebrückenberechnungen für verschiedene Deckenrandelemente unter Variation der Dicke für die Ziegelblende und der Wärmeleitfähigkeit der Stirndämmung (beispielhafte Darstellung siehe Bild 7) zeigt:

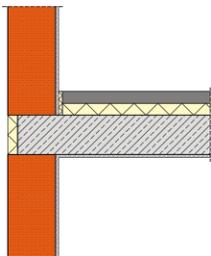
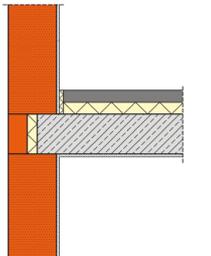
1. Für Standardanforderungen (z.B. $a/t = 2/3$ für den maßgebenden Fall beim Brandschutz, siehe Abschn. 3.3) sind alle Kombinationen von Wanddicken und Deckenrandelementen zur Einhaltung des erhöhten Wärmebrückenstandards (= Kategorie B) möglich.
2. Bei steigender statischer Anforderung (z.B. 80% Auflagertiefe für die Geschossdecke), sind v.a. die Deckenrandelemente mit 10 mm Ziegelschale und Dämmstoffen einer Wärmeleitfähigkeit $0,032 \text{ W}/(\text{mK})$ für die Erreichung von Kategorie B geeignet.

Zum Nachweis der Kategorie B sind folgende Mindestdicken der Deckenrandelemente erforderlich nach Tab. 4 (Auswertung für Deckenrandelemente mit einer Ziegelschale $t \leq 15$ mm, Wärmeleitfähigkeit der Stirndämmung $\leq 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$).

Tab. 2 Wärmebrückenzuschläge ΔU_{WB} für die Berechnung der Transmissionswärmeverluste bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden
 Thermal bridge adjustment ΔU_{WB} for the calculation of heat transmission losses of buildings

Bezeichnung	ΔU_{WB} [W/(m ² K)]	Nachweisform	Bewertung
Pauschal	0,10	kein Nachweis erforderlich	nicht mehr zeitgemäß, sichere Seite, unwirtschaftlich
pauschal (Kat. A)	0,05	Nachweis der Gleichwertigkeit zu Kategorie A der DIN 4108-Bbl.2	Standardausführung (GEG-Referenzgebäude)
pauschal (Kat. B)	0,03	Nachweis der Gleichwertigkeit zu Kategorie B der DIN 4108-Bbl.2	energetisch hochwertigere Ausführung
Detailliert	individuell	eigene Ψ -Wertberechnung und Ermittlung des U-Wert-Zuschlags nach DIN V 18599-2	genaue Ermittlung, hoher Zeit- und Kostenaufwand
Innendämmung	0,15	im Bestand, kein Nachweis, bei überwiegend innenliegender Dämmung (> 50%) der Außenbauteile	sichere Seite

Tab. 3 Referenzwärmebrücken Wand-Decken-Knoten für monolithische Bauweisen nach DIN 4108-Bbl.2
 Reference thermal bridges of wall-slab junction for monolithic constructions according to DIN 4108-Bbl.2

Schematische Darstellung des Wand-Decken-Knotens	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ_{ref}	Kategorie	Nr.
	0,19 W/(mK)	A	183
	0,12 W/(mK)	B	184

Neben dem Nachweis der Gleichwertigkeit besteht grundsätzlich immer die Möglichkeit, einen detaillierten Wärmebrückenzuschlag zu verwenden, wobei dieser in besonders ungünstigen Fällen (z. B. mit einer Tiefgarage und ungünstigen Längenverhältnissen) geringfügig höher als beim Nachweis der Gleichwertigkeit nach DIN 4108-Bbl.2 ausfallen kann.

Der Ziegel Wärmebrücken katalog 5.0 [2] bietet mit über 260 Detaillösungen eine sinnvolle Planungsgrundlage für wärmebrückenoptimiertes Konstruieren auf Gebäudeebene. Gerade bei der Planung von Hochbauten mit sehr hohen energetischen Standards wie z. B. Passivhaus- oder Nahezu-Nullheizenergie-Standard kommt einer hinsichtlich der Wärmebrückenverluste optimierten Gebäudehülle eine enorme Bedeutung zu.

Tab. 5 enthält eine Auswahl gängiger Bauteilanschlüsse im massiven Wohnungsbau und zeigt die konstruktionsabhängigen Minimal- und Maximalwerte, so wie sie im Ziegel Wärmebrücken katalog 5.0 [2] zu finden sind, auf.

Ψ -Werte von Wand-Decken-Knoten z. B. im Keller können aufgrund der angesetzten Randbedingungen in der monolithischen Bauweise negativ werden, was sich wiederum positiv auf die Wärmebrückenverluste auswirkt.

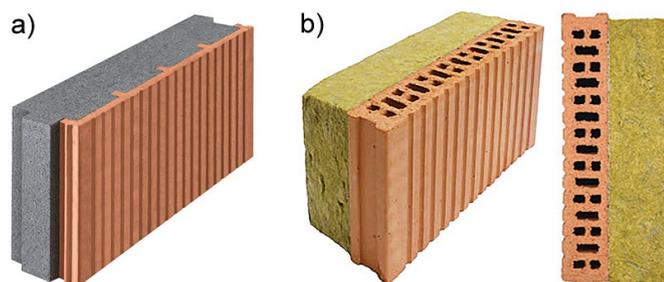


Bild 6 Deckenrandelement a) mit EPS-Dämmung; b) mit Mineralfaserdämmung [1]
 Floor edge insulation element a) with EPS; b) mineral fibre [1]

Tab. 4 Mindestdicken für Deckenrandelemente bei Einhaltung Kategorie B [7]
 Minimum thickness of floor edge insulation elements to comply with requirements for category B [7]

Wanddicke [mm]	Mindestdicke Deckenrandelement [mm]	max. Auflagertiefe [mm]
300	65	235
365	75	290
425	85	340
490	90	400

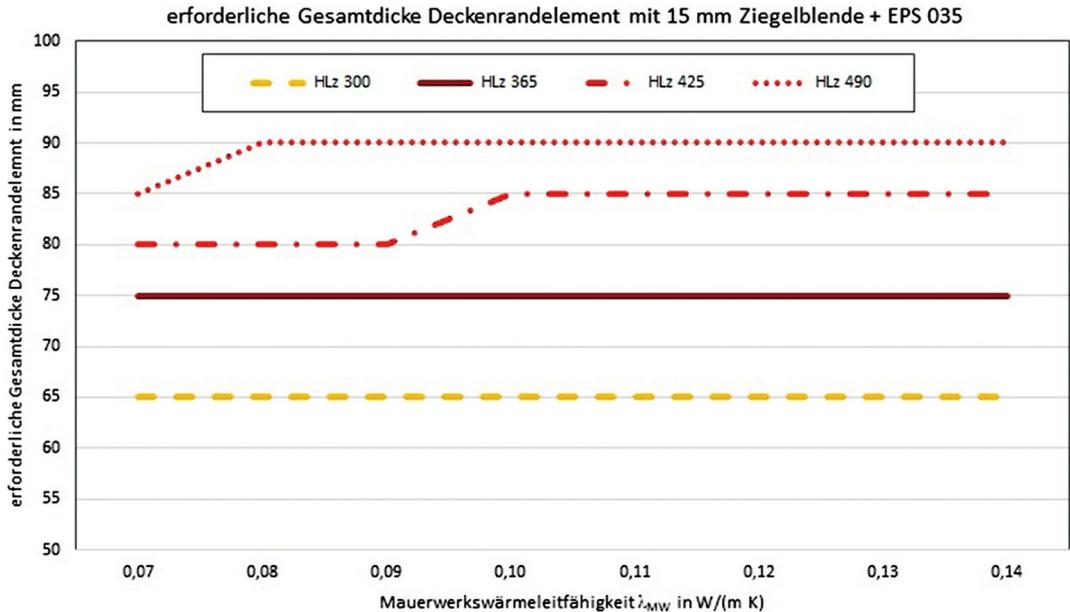


Bild 7 Darstellung der erforderlichen Mindestdicke von Deckenrandelementen (15 mm Ziegelschale mit EPS 035) zur Erreichung der Kategorie B nach DIN 4108-Bbl.2 [7]
 Minimum thickness of floor edge insulation elements (15 mm brick shell plus EPS-insulation) to comply with requirements of category B according to DIN 4108-Bbl.2 [7]

Tab. 5 Bandbreite der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ verschiedener gängiger Bauteilanschlüsse im Massivbau [2]
 Range of heat transfer coefficients for different details [2]

Bauteilanschluss	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [W/(mK)]	
	minimal	maximal
Außenwanddecke	-0,20	-0,05
Fensteranschluss – Laibung	0,00	0,12
Fensteranschluss – Brüstung	0,03	0,11
Fensteranschluss – Sturz	-0,01	0,23
Geschossdeckenaufleger	0,00	0,12
Kellerdeckenaufleger (Keller unbeheizt)	-0,07	0,26
Kellerdeckenaufleger (Keller beheizt)	-0,10	0,12
Dachanschluss – Traufe	-0,11	0,09
Dachanschluss – Ortgang	-0,04	0,10
Innenwand auf Tiefgaragendecke	0,08	0,49

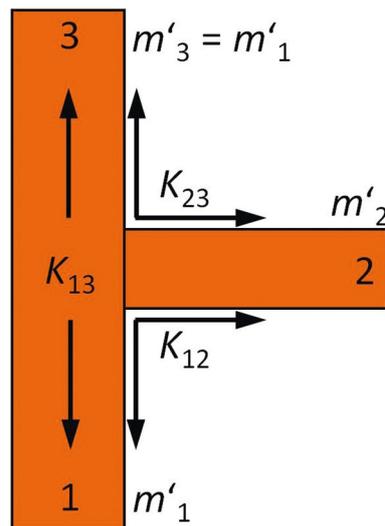


Bild 8 T-Stoß monolithische Außenwand mit Anschluss an eine Massivdecke
 T-junction between monolithic external masonry and concrete slab

3.2 Schallschutz

3.2.1 Flankenübertragung und Stoßstellendämm-Maß

Bei der Beurteilung des baulichen Schallschutzes zwischen zwei Räumen ist neben dem Direkt-Schalldämm-Maß des trennenden Massivbauteils insbesondere auch der Einfluss der Schalllängsleitung über die flankierenden Bauteile zu beachten. Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} beschreibt dabei die Dämmung des Körperschalls an den

Bauteilverbindungen. Im Wesentlichen unterscheidet man bei den Anschlussdetails des trennenden Bauteils an die jeweiligen flankierenden Bauteile zwischen T- und Kreuzstößen. Die Stoßstellendämmung ist neben den geometrischen Randbedingungen abhängig von der Steifigkeit des Verbundes der Bauteile sowie deren Massenverhältnissen: Je höher die Steifigkeit des Anschlusses bzw. je größer der Massenunterschied der Bauteile, desto größer ist das Stoßstellendämm-Maß und desto geringer ist die Schalllängsleitung über die flankierenden Bauteile. Eine hohe Stoßstellendämmung kann aber ebenso durch eine schalltechnische Entkopplung der aneinandergrenzenden Bauteile erreicht werden. In diesem Fall ist die Körperschallweiterleitung so weit reduziert, dass sich das resultierende Schalldämm-Maß R'_w entsprechend verbessert.

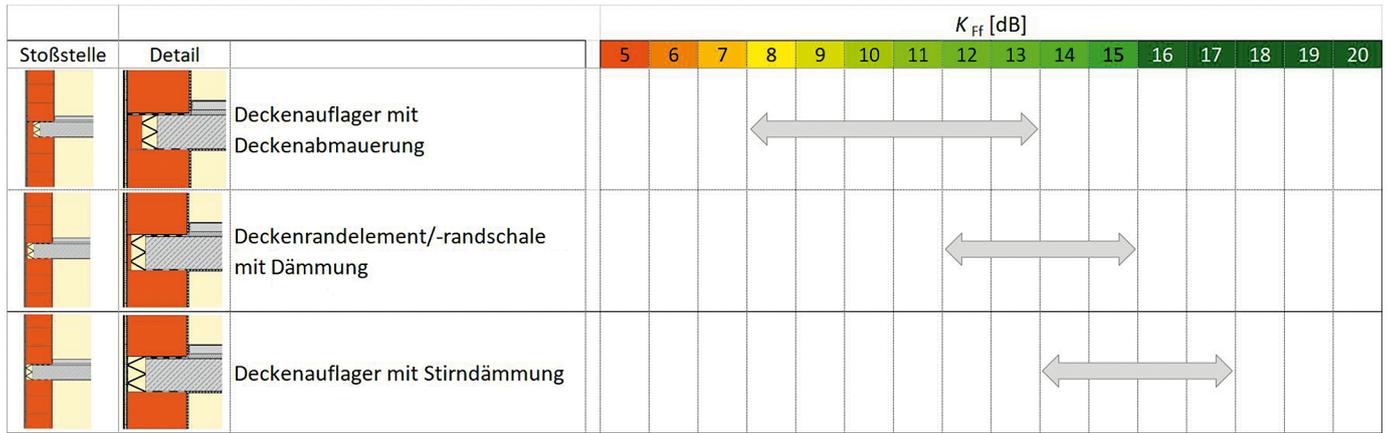


Bild 9 Wertebereich von Stoßstellendämm-Maßen K_{13} des Außenwand-Decken-Knotens
 Range of vibration reduction indices K_{13} for different types of wall-slab junctions

3.2.2 Stoßstelle

Der Außenwand-Decken-Knoten von monolithischem Ziegelmauerwerk ist ein typisches Beispiel für einen T-Stoß. Die Massivdecke – in der Regel aus Stahlbeton – ist dabei das trennende Bauteil der zu betrachtenden angrenzenden Räume. Die Außenwand stellt das flankierende Bauteil dar. Das relevante Stoßstellendämm-Maß entlang der Außenwand aus Ziegelmauerwerk wird mit K_{13} bezeichnet (s. Bild 8).

Die Bauteile 1 und 3 kennzeichnen die monolithische Außenwand und das Bauteil 2 die Massivdecke.

Das Stoßstellendämm-Maß K_{13} für den Flankenweg in vertikaler Richtung entlang der Außenwand ist abhängig von der Ausführung des Außenwand-Decken-Knotens. Die Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} kann für homogene Baustoffe nach DIN 4109-32 [8] erfolgen. Monolithische hochwärmedämmende Hochlochziegel für das Außenmauerwerk haben einen inhomogenen Aufbau.

Aufgrund abweichender akustischer Eigenschaften dürfen nach DIN 4109-31 [9], Abschnitt 4 für Konstruktionen mit monolithischen Hochlochziegeln im rechnerischen Nachweis nach DIN 4109-2 [10] Stoßstellendämm-Maße angesetzt werden, die durch bauakustische Prüfungen ermittelt wurden. Die Ziegelhersteller stellen für alle relevanten Produktkombinationen diese Prüfwerte zur Verfügung. Zur Nachweisführung für Gebäude in Ziegelbauweise bietet die Fachgruppe Hintermauerziegel die Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* an (www.ziegelrechner.de), in der eine umfangreiche Datenbank mit Stoßstellendämm-Maßen K_{ij} für Ziegelprodukte und weitere, für den bauakustischen Nachweis relevante Produktparameter enthalten sind.

Bild 9 zeigt Wertebereiche der Stoßstellendämm-Maße von T-Stößen von monolithischen Hochlochziegeln mit Stahlbetondecken in Abhängigkeit der Detailausführung des Außenwand-Decken-Knotens.

Die Darstellung zeigt, dass eine Vergrößerung der Einbinde- bzw. Auflagertiefen der Decke das Stoßstellendämm-Maß erhöht, wohingegen ein Abmauerstein infolge des zusätzlich entstehenden Schallübertragungswegs das Stoßstellendämm-Maß verringern kann. Eine Ausführung mit möglichst großer Deckenauflagertiefe und ausschließlicher Stirndämmung (ohne Abmauerstein) stellt daher aus schallschutztechnischer Sicht die beste Variante dar.

In [11] wurde die Genauigkeit zwischen rechnerischer Prognose nach DIN 4109-2 und tatsächlich im Gebäude erreichter Schalldämmung verglichen. Es zeigt sich eine hohe Prognosesicherheit, wenn die Berechnungen mit den Prüfwerten der Stoßstellendämm-Maße der Außenwandziegel mit den trennenden Wänden bzw. Decken geführt werden.

3.3 Brandschutz

Der Nachweis des baulichen Brandschutzes erfolgt für Mauerwerk in DIN EN 1996-1-2 [12] in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anhang [13]. Monolithische Außenwände aus Ziegelmauerwerk werden in der Regel aus Ziegeln mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen/Bauartgenehmigungen erstellt. Die erforderlichen Mindestwanddicken zur Einstufung in Feuerwiderstandsklassen sind in der jeweiligen Zulassung/Bauartgenehmigung angegeben. Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit der dort angegebenen Tabellen ist, dass genau wie in DIN EN 1996-1-2/NA die Gesamtausmitte $e_{mk,fi}$ der Last in Wandhöhenmitte nicht größer als $t/6$ sein darf.

Am Wandkopf und Wandfuß von Außenwänden mit Anforderungen an den Feuerwiderstand sind daher Deckenauflagertiefen $a/t \geq 2/3$ erforderlich, sofern die Vertikallast nicht durch konstruktive Maßnahmen zentriert wird.

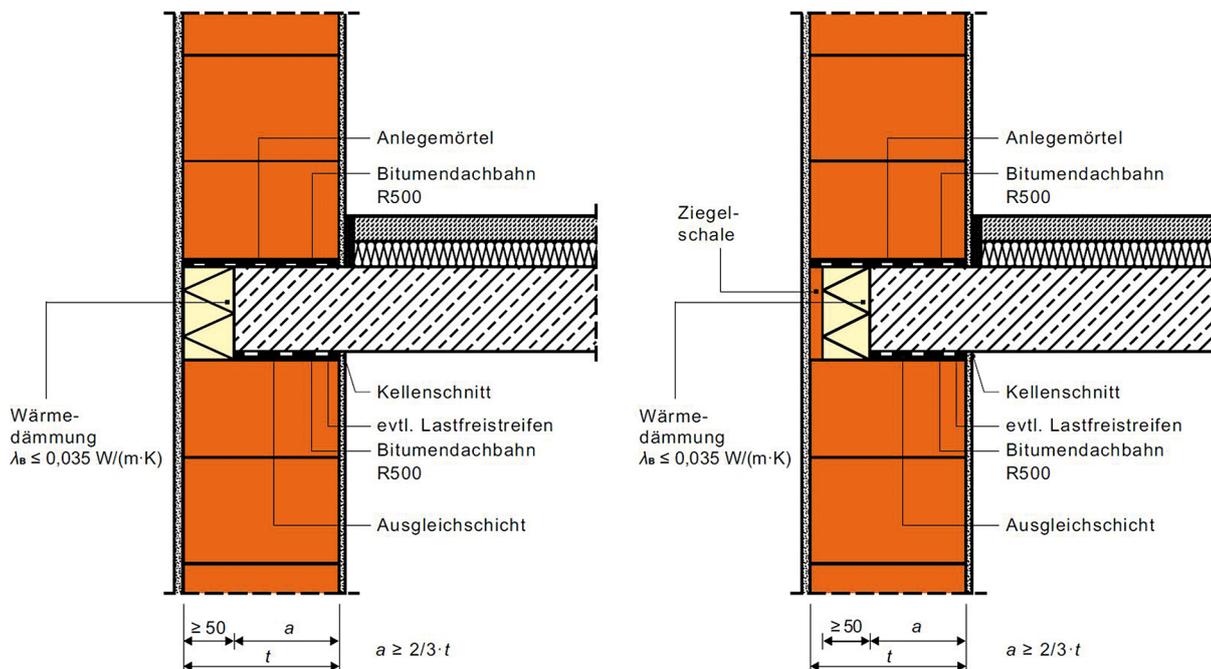


Bild 10 Ausführungsvarianten eines Außenwand-Decken-Knotens mit monolithischem Ziegelmauerwerk [18]

Possible solutions of the detail wall-slab junction in monolithic clay unit masonry [18]

4 Statische Aspekte

4.1 Allgemeines

Der Betrachtung des Außenwand-Decken-Knotens aus statischer Sicht kommt besondere Bedeutung zu, da das Tragverhalten einer Außenwand maßgeblich von der Auflagertiefe der Stahlbetondecke auf der Außenwand beeinflusst wird. Es ist leicht ersichtlich, dass eine reduzierte Deckenaufлагertiefe ($a/t < 1$) im Gegensatz zu einer voll aufliegenden Decke ($a/t = 1$) die Tragfähigkeit der Wand reduziert, da die Stirndämmung nicht zum Lastabtrag herangezogen werden kann und somit weniger Querschnittsfläche zum Lastabtrag zur Verfügung steht.

4.2 Bemessung nach Eurocode 6/NA

4.2.1 Allgemeines

Die Kaltbemessung kann dabei entweder nach den sogenannten „Vereinfachten Berechnungsmethoden“ von DIN EN 1996-3 [14] oder dem genaueren Verfahren von DIN EN 1996-1-1 [15] erfolgen. Die jeweiligen zugehörigen Nationalen Anhänge [16, 17] sind dabei zwingend zu beachten. Da monolithisches Ziegelmauerwerk in Deutschland nahezu ausschließlich aus Mauerziegeln nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) bzw. allgemeiner Bauartgenehmigung (aBg) besteht, sind die in den abZ/aBg getroffenen und ggf. von den normativen Regelungen abweichenden Festlegungen ebenfalls stets zu beachten.

Die aktuelle Broschüre „Bemessung von Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1996-3/NA“ [18] enthält die Neue-

rungen der Ausgabe 2019-12 [16] und darüber hinaus ein ausführliches Bemessungsbeispiel für ein viergeschossiges Mehrfamilienhaus.

4.2.2 Vereinfachte Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA

Sind die Voraussetzungen zur Anwendung der vereinfachten Methoden eingehalten (z. B. maximale Gebäudehöhe 20 m, maximal Spannweite der Decken 6,0 m etc.), brauchen bestimmte Beanspruchungen wie Biegemomente, ungewollte Ausmitten und Wind auf tragende Wände nicht nachgewiesen zu werden, da sie im Sicherheitsabstand und den konstruktiven Regeln berücksichtigt sind.

Die Auflagertiefe der Decke auf der Außenwand muss bei Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethoden gemäß [14] mindestens $a/t = 0,5$ ($a/t = 0,45$ für Außenwände für Wanddicken $t = 365$ mm) betragen.

Der Bemessungswert der Einwirkung n_{Ed} hängt im Wesentlichen vom statischen System und den vorhandenen Einwirkungen ab. Unter Vernachlässigung des Lochanteils der Fassade kann der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft n_{Ed} pro Decke über der zu bemessenden Wand mit ca. 50 kN/m angenommen werden. Mit zunehmendem Lochanteil der Fassade erhöht sich n_{Ed} entsprechend.

Das ausführliche Bemessungsbeispiel in [18] zeigt, dass sich bereits mit einer Druckfestigkeit des Mauerwerks $f_k = 3,0$ N/mm² viergeschossige Wohngebäude aus monolithischem Ziegelmauerwerk bei üblichen Lochanteilen in der Fassade problemlos realisieren lassen.

5 Vorschlag für eine „ideale“ Deckenauflagertiefe und Hinweise zur konstruktiven Ausbildung

Im Rahmen dieses Beitrags wurde aufgezeigt, dass unter den Aspekten Statik, Schallschutz und Brandschutz möglichst große bezogene Deckenauflagertiefen a/t zu empfehlen sind.

Unter Berücksichtigung der Neufassung der DIN 4108-Bbl.2 sind die in Tab. 4 angegebenen Mindestdicken von Deckenrandelementen ausreichend, um die Gleichwertigkeit zur besseren Wärmebrückenategorie B zu erreichen.

Die in den letzten Jahren empfohlene bezogene Deckenauflagertiefe $a/t = 2/3$ erfüllt diese Anforderungen bei Verwendung einer geeigneten Deckenranddämmung, vorzugsweise als Deckenrandelement mit Ziegel-Außen-schale.

Vor dem Hintergrund einer möglichen Verformung der Stahlbetondecke empfiehlt sich außerdem der Einsatz

von Trennlagen mit Querkraftübertragung nach DIN V 20000-202 [19] ober- und unterhalb der Außenwände.

In Sonderfällen kann bei großen Deckenspannweiten zur Lastzentrierung und Vermeidung von Spannungsspitzen ein 30 bis 50 mm breiter Weichfilzstreifen an der inneren Wandkante angeordnet werden.

Mit dem in Bild 10 unterbreiteten Vorschlag lassen sich in der Regel alle an das Detail „Außenwand-Decken-Knoten“ gestellten Anforderungen problemlos erfüllen. Bei hochbelasteten Bereichen in monolithischem Ziegelmauerwerk können z.B. bei 365er Außenmauerwerk auch Kategorie-B-Wärmebrückendetails mit bezogenen Deckenauflagertiefen bis $a/t = 0,78$ ausgeführt werden.

Es wird empfohlen, stets die vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA [16] anzuwenden, da diese den Nachweis eines Großteils aller im Mauerwerksbau auftretenden Problemstellungen innerhalb kürzester Zeit und ohne großen Aufwand ermöglichen.

Literatur

- [1] Ziegel Zentrum Süd e.V. – München [Hrsg.] (2020) *Ziegellexikon MAUERWERK – Ausgabe 2020*. München.
- [2] Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Fachgruppe Hintermauerziegel [Hrsg.] (Januar 2021) *Ziegel Wärmebrückenkatalog 5.0*. Berlin. <https://ziegel-bauphysiksoft ware.ax3000-group.de/lrz/>.
- [3] DIN 4108-Bbl.2: *Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele* (Juni 2019). Deutsches Institut für Normung (DIN). Berlin: Beuth.
- [4] DIN V 18599-2: *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* (September 2018). Deutsches Institut für Normung (DIN). Berlin: Beuth.
- [5] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG) (August 2020). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 37. Bonn.
- [6] Gierga, M.; Oschatz, B.; Nisse, J. (2021) *GEG Gebäudeenergiegesetz – Leitfaden für Wohngebäude*. Hrsg. v. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Fachgruppe Hintermauerziegel (März 2021). Berlin.
- [7] Gierga, M. (2020) *Geschossdeckenaufleger Mindestdämmung gemäß DIN 4108-Bbl.2 – Interner Bericht*. (November 2020). Bottrop-Kirchhellen.
- [8] DIN 4109-32:2016-07: *Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes* (Bauteilkatalog – Massivbau).
- [9] DIN 4109-31:2016-07: *Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes* (Bauteilkatalog) – Rahmendokument.
- [10] DIN 4109-2:2018-01: *Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen*.
- [11] Fischer, H.-M.; Gierga, M.; Schneider, M. (2016) *Luftschalldämmung im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit Hochlochziegelmauerwerk – Prognosen nach DIN 4109:2016 und Vergleich mit Messwerten* in: Bauphysik 38, H. 4, S. 183–192. <https://doi.org/10.1002/bapi.201610024>
- [12] DIN EN 1996-1-2:2011-04: Eurocode 6: *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*. Deutsche Fassung EN 1996-1-1:200 + AC:2010.
- [13] DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2/NA: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall*.
- [14] DIN EN 1996-3:2010-12: Eurocode 6: *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten*. Deutsche Fassung EN 1996-3:2006 + AC:2009.
- [15] DIN EN 1996-1-1:2013-02: Eurocode 6: *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*. Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005 + A1:2012.
- [16] DIN EN 1996-3/NA:2019-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3/NA: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten*.
- [17] DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1/NA: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*.
- [18] Meyer, U.; Naumann, K.; Brauer, N.; Ehmke, J. (2021) *Bemessung von Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1996-3/NA:2019-12*. Hrsg. v. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Fachgruppe Hintermauerziegel (Januar 2021). Berlin.
- [19] DIN/TS 20000-202: 2020-11: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 202: Anwendungsnorm für Abdichtungsbahnen nach Europäischen Produktnormen zur Verwendung als Abdichtung von erdberührten Bauteilen, von Innenräumen und von Behältern und Becken.

Autoren

Dipl.-Ing. Juliane Nisse
nisse@ziegel.de
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
Reinhardtstraße 12–16
10117 Berlin

Dr.-Ing. Udo Joachim Meyer (Korrespondenzautor)
meyer@ziegel.de
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
Fachgruppe Hintermauerziegel
Reinhardtstraße 12–16
10117 Berlin

Dipl.-Ing. Kai Naumann
naumann@ziegel.de
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
Fachgruppe Hintermauerziegel
Reinhardtstraße 12–16
10117 Berlin

Zitieren Sie diesen Beitrag

Nisse, J.; Meyer, U. J.; Naumann, K. (2021) *Wand-Decken-Knoten in monolithischem Ziegelmauerwerk*. Mauerwerk 25, H. 2, S. 63–73.
<https://doi.org/10.1002/dama.202100003>