

# Zur Planung, Ausführung und Leistungsfähigkeit des Außenwand-Decken-Knotens von monolithischem Ziegelmauerwerk

Mit zunehmenden Wärmeschutzanforderungen gehen stets auch erhöhte Anforderungen an die Außenwände von Gebäuden einher. Bei monolithischen Außenwänden, also Außenwänden aus hochwärmedämmenden Mauerziegeln, die keine Zusatzdämmung z. B. in Form von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) benötigen, ist eine sorgfältige Planung und Ausführung des Details „Außenwand-Decken-Knoten“ daher von immer größerer Bedeutung. Neben den Aspekten des Wärme- und Feuchteschutzes muss dieses Detail gleichzeitig auch den Anforderungen resultierend aus Statik, Brand- und Schallschutz genügen. Da die separate Berücksichtigung der einzelnen Teilaspekte mitunter jedoch zu diametral entgegen stehenden Ausführungsvarianten des Details „Außenwand-Decken-Knoten“ führen würde, gilt es, eine Ausführungsvariante zu finden, die alle an das Detail gestellten Anforderungen bestmöglich erfüllt. Im folgenden Beitrag wird ein Vorschlag für die „ideale“ Ausführung des Details „Außenwand-Decken-Knoten“ unter Berücksichtigung der bauphysikalischen, statischen und konstruktiven Belange vorgestellt.

**Design, construction and performance of the wall-slab-junction of monolithic external masonry walls made with thermal-insulating clay blocks.** *Monolithic external walls are external walls made with high-insulating clay blocks which do not require an additional external thermal insulation composite system (ETICS). For the planning, the design and the execution of these walls, the respective wall-slab-junction is of particular interest, because single aspects of building physics and the requirements in terms of design would lead to diametrically opposing variants of the detail "wall-slab-junction". In this paper, a proposal for an optimized execution of this detail will be submitted, taking into account all relevant aspects. Its performance will be presented.*

Im vorliegenden Beitrag wird der Fokus auf die bauphysikalischen und statischen Aspekte gelegt.

Um die an Außenwände bestehenden Anforderungen zu erfüllen, werden in Deutschland im Allgemeinen drei typische Außenwandkonstruktionen aus Mauerwerk unterschieden (Bild 1):

- einschaliges (monolithisches) Mauerwerk
- zweischaliges Mauerwerk
- zusatzgedämmtes Mauerwerk (mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)).

Bei Außenwänden aus zweischaligem oder aus zusatzgedämmtem Mauerwerk besteht eine klare funktionale Trennung der einzelnen Bauteilschichten. Die Innenschale hat in erster Linie statische Funktion, wohingegen die Wärmedämmung im Schalenzwi-

## 1 Einleitung

Außenwände von Gebäuden haben eine Vielzahl von Funktionen und unterliegen zahlreichen Anforderungen, welche sich im Wesentlichen in drei Gruppen einteilen lassen:

- bauphysikalische Anforderungen (Wärmeschutz (Sommer und Winter), Feuchte- und Witterungsschutz, Schallschutz, Brandschutz...)
- Anforderungen hinsichtlich Standfestigkeit bzw. Tragfähigkeit (statische und dynamische Beanspruchungen)
- Anforderungen aus ökologischen und ökonomischen Aspekten (Umweltverträglichkeit, Nachhaltigkeit, Dauerhaftigkeit, Wohngesundheit, Ästhetik...).

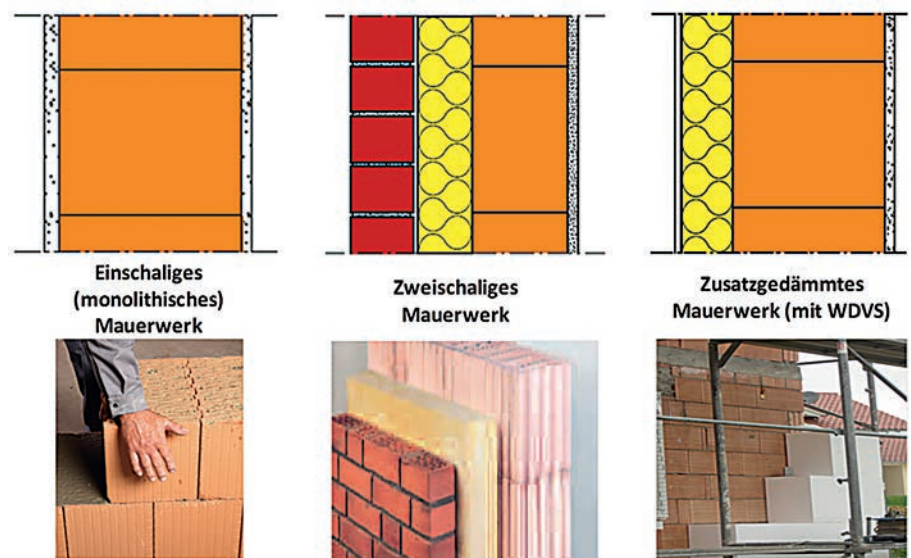


Bild 1. Typische Außenwandkonstruktionen aus Mauerwerk  
Fig. 1. Typical layouts of external wall structures of masonry

schonraum zweischaliger Wände bzw. an der Außenseite zusätzlichgedämmter Wände die wärme- und feuchteschutztechnischen Belange zu erfüllen hat. Die Außenschale (in der Regel aus Vormauerziegeln oder Klinkern) zweischaliger Außenwände erfüllt die Funktion des Witterungsschutzes, welche bei zusätzlichgedämmtem oder monolithischem Mauerwerk der Außenputz erbringen muss. Gleichzeitig erhöht eine Außenschale den Schallschutz gegen Außenlärm.

Im Gegensatz zum zweischaligen oder zusätzlichgedämmten Mauerwerk benötigt einschaliges (monolithisches) Ziegelmauerwerk planmäßig keine zusätzliche Wärmedämmschicht (WDVS). Stattdessen weisen die darin verwendeten Mauerziegel entsprechende wärmedämmende Eigenschaften auf.

Die Verschärfung der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz (und damit einhergehend an die Gebäudehülle) zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor (vgl. Bild 2, links) führte zu einer steten Weiterentwicklung der Produkte für monolithisches Ziegelmauerwerk bis hin zu Wärmeleitfähigkeiten von  $\lambda = 0,07 \text{ W/(mK)}$ , um stets auch höchsten Ansprüchen an die Gebäudehülle genügen zu können (vgl. Bild 2, rechts).

In einem ersten Schritt wurden die Mauerziegel durch die Verringerung der Rohdichte und Optimierung des Lochbildes wärmeschutztechnisch verbessert. Die weitere Verringerung der Wärmeleitfähigkeit konnte durch Einbringung von Dämmstoffen in die Lochungen erreicht werden. Zur Verwendung kommen dafür in der Regel Perlite und Mineralwolle. Einige Her-

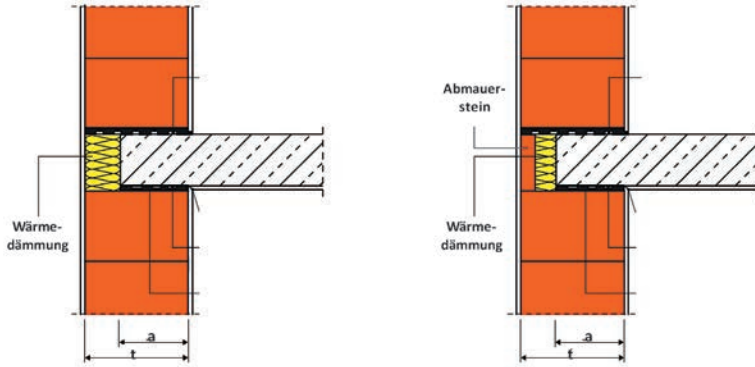


Bild 3. Ausführungsvarianten des Außenwand-Decken-Knotens  
Fig. 3. Wall-slab-junction systems of monolithic masonry

steller verwenden auch Polystyrol (EPS) oder Resolhartschaum.

Vor dem Hintergrund physikalischer Zusammenhänge ist jedoch offensichtlich, dass mit der Reduzierung der Rohdichte zwangsläufig eine Reduzierung der Druckfestigkeit einhergeht. Der Wertebereich der charakteristischen Druckfestigkeit  $f_k$  von Mauer-

werk aus Produkten mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,18 \text{ W/(mK)}$  liegt zwischen 3,1 und 5,5 N/mm<sup>2</sup>, wohingegen er sich für Mauerwerk aus Produkten mit  $\lambda = 0,07 \text{ W/(mK)}$  auf Werte zwischen 1,3 und 2,5 N/mm<sup>2</sup> reduziert.

Weiterhin ist zu beachten, dass zur Vermeidung bzw. Verringerung von Wärmebrückenverlusten dem Au-

### Entwicklung des energiesparenden Bauens



Bild 2. Entwicklung der Energieeinsparung in Gebäuden (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik) und Wärmeleitfähigkeit von Mauerziegeln

Fig. 2. Development of energy-saving construction (source: Fraunhofer Institut für Bauphysik) and thermal conductivity of clay blocks



ßenwand-Decken-Knoten besondere Beachtung zu schenken ist, da im Gegensatz zur zusatzgedämmten und zweischaligen Außenwand die Geschossdecke nicht vollständig ( $a/t = 1$ ), sondern nur teilweise ( $a/t < 1$ ) auf der Außenwand mit der Dicke  $t$  aufliegt (vgl. Bild 3).

Nachfolgend wird ein Vorschlag für die „ideale“ Ausführung des Details „Außenwand-Decken-Knoten“ von monolithischem Ziegelmauerwerk unter Berücksichtigung der bauphysikalischen, statischen und konstruktiven Belange unterbreitet und dessen Leistungsfähigkeit dargestellt.

## 2 Ausführungsvarianten des Außenwand-Decken-Knotens

In der Praxis finden sich neben der in Bild 3, links dargestellten Variante mit ausschließlicher Stirndämmung der Geschossdecke häufig auch die Varianten mit Abmauerstein oder mit Deckenrandschale (vgl. Bild 3, rechts). Die beiden letztgenannten Varianten haben neben der Schaffung eines einheitlichen Putzuntergrundes für den Außenputz gegenüber der in Bild 3, links dargestellten Variante den Vorteil, dass die Außenwand des darüber liegenden Geschosses „einfacher“, d. h. ohne Abfangung, aufgemauert werden kann. Demgegenüber steht jedoch bei gleichbleibender Deckenaufgartiefe a ein Verlust an Dämmmaterial.

Die letztliche Entscheidung für eine bestimmte Ausführungsvariante beruhte in der Vergangenheit in der Regel auf den guten Erfahrungen, die die Planer und Ausführenden mit der jeweiligen Variante hatten, und unterschieden sich oftmals regionalbedingt.

## 3 Bauphysikalische Aspekte

### 3.1 Wärmeschutz/Feuchteschutz

#### 3.1.1 Wärmebrücke

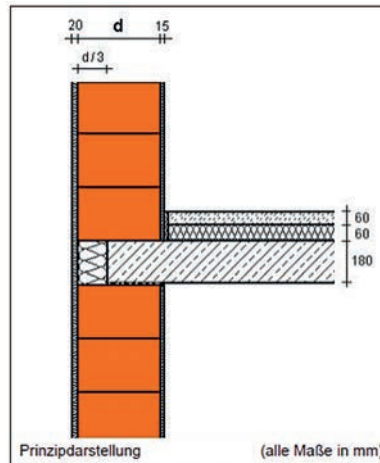
Der Außenwand-Decken-Knoten von monolithischem Mauerwerk ist ein typisches Beispiel für eine Kombination aus geometrischer und materialbedingter Wärmebrücke, da dort eine inhomogene Bauteilgeometrie mit verschiedenen Materialien und mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten vorhanden ist. Es entsteht ein Wärmestromverlauf, der seine Richtung in Abhängigkeit der Geometrie sowie den verschiedenen Materialdicken und -leitfähigkeiten ändert. Die Berechnung

dieser Wärmestromverläufe erfordert einen hohen rechnerischen Aufwand. Als Leitfaden für die Praxis gilt das Beiblatt 2 zur DIN 4108 [1], welches einen Katalog von Konstruktionsempfehlungen zur Minderung des Wärmebrückeneinflusses beinhaltet. Zusätzlich bietet die Ziegelindustrie abgestimmte Wärmebrückenkataloge, Planungsdetails und Berechnungstools an, denen die erforderlichen Kennwerte für den Nachweis des Mindestwärmeschutzes und zur Ermittlung des Einflusses auf den Heizwärmebedarf der jeweiligen Details entnommen werden können.

Die innerhalb von wärmedämmenden Hochlochziegeln ebenfalls vorhandenen lateralen (also nicht senkrecht von Oberfläche zu Oberfläche fließenden) Wärmeströme sind im Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks bereits berücksichtigt. Eine explizite Berücksichtigung dieser ziegel-spezifischen Einflüsse ist gemäß [1] nicht erforderlich.

### 3.1.2 Mindestwärmeschutz/Vermeidung von Schimmelbildung

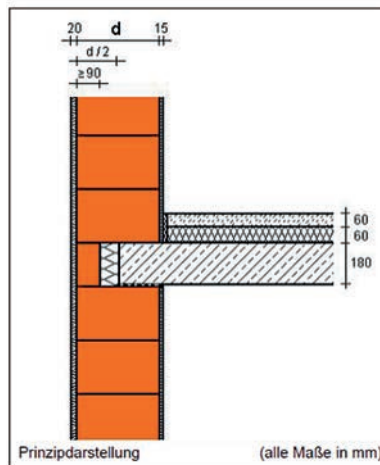
Der Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2 gewährleistet bei ausreichender Beheizung und Lüftung ein hygienisches Raumklima, sodass Tauwasser- und Schimmelpilzfreiheit, insbesondere an den Innenoberflächen, sichergestellt ist. Der für Außenwände geforderte Mindestwärmedurchlasswiderstand von  $R \geq 1,2$  ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ) ist bei Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln stets eingehalten. Bei dem Detail Außenwand-Decken-Knoten ist darauf zu achten, dass der raumseitige Temperaturfaktor  $f_{RSi}$  den Wert 0,7 nicht unterschreitet. Die raumseitige Oberflächentemperatur  $\theta_{si}$  muss stets mindestens  $12,6^\circ\text{C}$  betragen, um einen Tauwasserausfall/Schimmelbildung zu vermeiden. Dies ist für alle in Bild 4 dargestellten Ausführungsvarianten des Außenwand-Decken-Knotens aus monolithischem Ziegelmauerwerk gewährleistet.



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]

$\lambda_{\text{ext}}$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	Dicke $d$ Außenwand			
	300 mm	365 mm	425 mm	490 mm
0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
0,09	0,06	0,06	0,06	0,06
0,11	0,05	0,06	0,06	0,06
0,14	0,05	0,06	0,06	0,06

Berechnet mit Heat 2.8 (AMz 2012)



Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]

$\lambda_{\text{ext}}$ [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	Dicke $d$ Außenwand			
	300 mm	365 mm	425 mm	490 mm
0,07	0,07	0,06	0,05	0,04
0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
0,11	0,06	0,05	0,04	0,04
0,14	0,05	0,05	0,04	0,04

Berechnet mit Heat 2.8 (AMz 2012)

Bild 4. Längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_e$  des Außenwand-Decken-Knotens von Ziegelmauerwerk [2]

Fig. 4. Heat transfer coefficient  $\Psi_e$  [2]

### 3.1.3 Zusätzliche Wärmeverluste/ Einfluss auf den Heizwärmebedarf

Der Einfluss von Wärmebrücken auf den Wärmeverlust und damit einhergehend auf den Heizwärmebedarf eines Gebäudes ist gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) [3] § 7, Abs. 3 zu berücksichtigen. Nach DIN V 4108-6 [4], 5.5.2 und EnEV Anlage 3, Absatz 3 bestehen dafür folgende Möglichkeiten, um den Einfluss des Außenwand-Decken-Knotens bei der Nachweisführung zu erfassen:

- Berücksichtigung durch Erhöhung des Transmissionswärmeverlustes  $H_T$  um  $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche  $A$ , wenn keine besonderen Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebrückeneinflusses getroffen werden
- Berücksichtigung durch Erhöhung des Transmissionswärmeverlustes  $H_T$  um  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche  $A$ , sofern alle Wärmebrücken nach DIN 4108, Beiblatt 2 ausgeführt werden bzw. deren Gleichwertigkeit zu Beiblatt 2 nachgewiesen ist
- genauer Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit den anerkannten Regeln der Technik.

Die pauschale Berücksichtigung der Wärmebrückenverluste mit  $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ist vor dem Hintergrund heutiger Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden quasi nicht mehr zeitgemäß bzw. praxisrelevant. Die pauschale Erhöhung um  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  in Verbindung mit der Ausführung aller Wärmebrückendetails nach DIN 4108, Beiblatt 2 wird dagegen häufig angewendet. Für den Außenwand-Decken-Knoten ist Detail 71 aus Beiblatt 2 maßgebend. Zum Nachweis der Gleichwertigkeit darf demnach der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi_e$  des jeweiligen Details nicht größer als  $0,06 \text{ W}/(\text{mK})$  sein. Anstelle von aufwändigen Berechnungen kann auf die von der Ziegelindustrie zur Verfügung gestellten  $\Psi_e$ -Werte (vgl. Bild 4) zurückgegriffen werden.

Aus Bild 4 ist ersichtlich, dass aus wärmeschutztechnischer Sicht die Ausführung mit möglichst geringer Deckenaufлагertiefe die günstigste Variante darstellt. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit

der Außenwand, umso mehr Stirndämmung (und/oder besserer Dämmstoff) wird benötigt, um den Grenzwert von  $\Psi_e = 0,06 \text{ W}/(\text{mK})$  nicht zu überschreiten.

Will man eine Deckenaufлагertiefe  $a/t = 2/3$  nicht unterschreiten (z. B. bei vorliegenden Brandschutzanforderungen, s. Abschnitt 3.3), so ist bei Verwendung von Dämmstoffen mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,035 \text{ W}/(\text{mK})$  das restliche Drittel vollständig mit Dämmstoff auszuführen, um den Grenzwert von  $\Psi_e = 0,06 \text{ W}/(\text{mK})$  einzuhalten. Soll ein Abmauerstein oder eine Deckenrandschale zum Einsatz kommen, so ist ein Dämmstoff mit entsprechend besserer Wärmeleitfähigkeit zu verwenden.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Außenwand-Decken-Knoten mit  $\Psi_e > 0,06 \text{ W}/(\text{mK})$  natürlich nicht grundsätzlich von der Anwendung ausgeschlossen sind, sondern lediglich eine überschlägliche Berücksichtigung aller Wärmebrücken mit einem pauschalen Faktor  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  nicht mehr zulässig ist. In diesem Fall ist ein genauer Nachweis der maßgeblichen linienförmigen Wärmebrücken nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit den anerkannten Regeln der Technik wie folgt erforderlich:

$$U_{WB} = \sum \frac{l_i \cdot \Psi_{e,i}}{A} \quad (1)$$

mit

$\Delta U_{WB}$  zusätzlicher Wärmedurchgangskoeffizient [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]

$l_i$  Länge der Wärmebrücke [m]

$\Psi_e$  längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient [ $\text{W}/(\text{mK})$ ]

$A$  gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche [ $\text{m}^2$ ]

Da der pauschalierte Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  insbesondere für große Gebäude sehr stark auf der sicheren Seite liegt, ist eine detaillierte Erfassung der Wärmebrückenverluste bei der Planung von sehr energieeffizienten Gebäuden zu empfehlen bzw. erforderlich (vgl. [5]). Bei derartigen Gebäuden wird mitunter das „Prinzip des wärmebrückenfreien Konstruierens“ verfolgt. So gelten beispielsweise „Passivhäuser“ als „wärmebrückenfrei“, wenn die Summe aller Wärmebrückeneffekte kleiner oder gleich Null ist und somit der Transmissionswärmeverlust des Gebäudes nicht erhöht wird [6]. Tabelle 1 zeigt die Größenordnung der wichtigsten außenmaßbezogenen  $\Psi_e$ -Werte, die nach DIN V 4108-6 zu berücksichtigen sind.

Von einer wärmebrückenfreien Konstruktion kann im Allgemeinen gemäß [6] auch ausgegangen werden, wenn für alle linearen Wärmebrücken ein längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi_e \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$  eingehalten wird. Derart geringe  $\Psi_e$ -Werte sind beim Außenwand-Decken-Knoten jedoch nur möglich, wenn die Auflagertiefe  $a$  der Decke auf der Außenwand maximal  $0,4 \text{ t}$  beträgt (vgl. Bild 5). Andernfalls ist ein „genauer“ Nachweis der Wärmebrücken erforderlich, um die positiven  $\Psi_e$ -Werte des Außenwand-Decken-Knotens durch negative  $\Psi_e$ -Werte anderer Bauteile (z. B. Außenwanddecken, vgl. Tabelle 1) auszugleichen.

## 3.2 Schallschutz

### 3.2.1 Flankenübertragung und Stoßstellendämm-Maß

Bei der Beurteilung des baulichen Schallschutzes zwischen zwei Räumen

Tabelle 1. Bandbreite der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten verschiedener Bauteilanschlüsse im Massivbau [7]

Table 1. Range of heat transfer coefficients [7]

Bauteilanschluss	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\Psi_e$ [ $\text{W}/(\text{mK})$ ]	
	minimal	maximal
Außenwanddecke	-0,24	-0,07
Fensteranschluss – Leibung	-0,06	0,12
Fensteranschluss – Brüstung	0,02	0,11
Fensteranschluss – Sturz	0,03	0,25
Außenwand-Decken-Knoten	0,00	0,15
Kellerdeckenaufleger	-0,15	0,20
Dachanschluss – Traufe	-0,12	0,07
Dachanschluss – Ortgang	-0,07	0,07

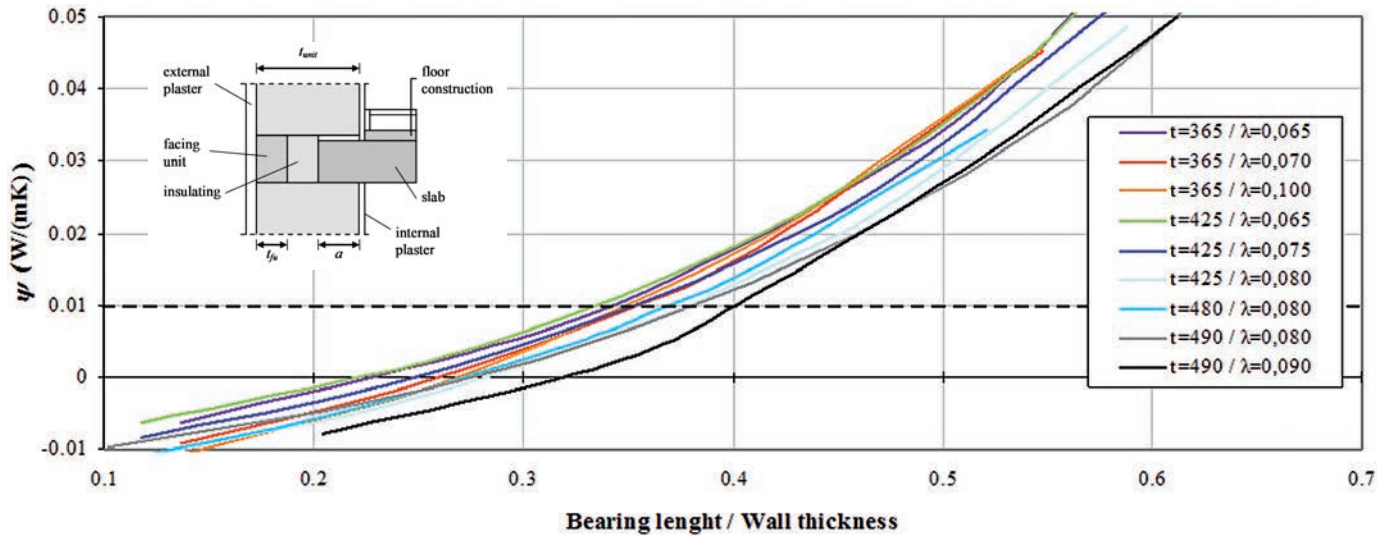


Bild 5. Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  $\Psi_e$  des Außenwand-Decken-Knotens nach [8]  
 Fig. 5. Heat transfer coefficient  $\Psi_e$  based on detailed calculation acc. to [8]

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. Es ist Bestandteil der Flankendämmung und beruht auf der Tatsache, dass eine T- oder kreuzförmige Stoßstelle zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil der Schallausbreitung einen Widerstand entgegen setzt. Die Stoßstellendämmung ist abhängig von der Steifigkeit des Verbundes der Bauteile sowie deren Massenverhältnissen: Je höher die Steifigkeit des Anschlusses und 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 Entkopplung der aneinander grenzenden Bauteile erreicht werden. In diesem Fall ist die Körperschallweiterleitung reduziert

oder unterbunden und das resultierende Schalldämm-Maß erhöht sich entsprechend.

### 3.2.2 Stoßstelle

Der Außenwand-Decken-Knoten von monolithischem Ziegelmauerwerk ist ein typisches Beispiel für einen T-Stoß. Die Zwischendecke aus Stahlbeton ist dabei das (massive) trennende Bauteil der zu betrachtenden Räume. Die Außenwand stellt das flankierende Bauteil dar, dessen Schalllängsleitung es zu minimieren gilt. Das relevante Stoßstellendämm-Maß ist  $K_{13}$  (vgl. Bild 6).

Das Stoßstellendämm-Maß  $K_{13}$  für den Flankenweg in vertikaler Richtung über die Außenwand ist abhängig von der Ausführung des Außen-

wand-Decken-Knotens. Die normative Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  kann nach DIN EN 12354-1 [9] erfolgen, liefert in der Regel jedoch stark auf der sicheren Seite liegende Werte. Aus diesem Grund sollte stets auf messtechnisch nachgewiesene, individuell gemessene Stoßstellendämm-Maße zurückgegriffen werden, die von den Ziegelherstellern für ihre Vorzugskonstruktionen zur Verfügung gestellt werden. Bild 7 zeigt die Größenordnung des Stoßstellendämm-Maßes in Abhängigkeit der Ausführung des Außenwand-Decken-Knotens. Es ist offensichtlich, dass eine Vergrößerung der Einbinde- bzw. Auflagertiefen der Decke das Stoßstellendämm-Maß erhöht, wohingegen ein Abmauerstein infolge des zusätzlich entstehenden

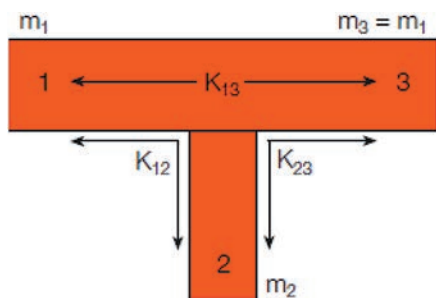


Bild 6. T-Stoß  
 Fig. 6. T-junction

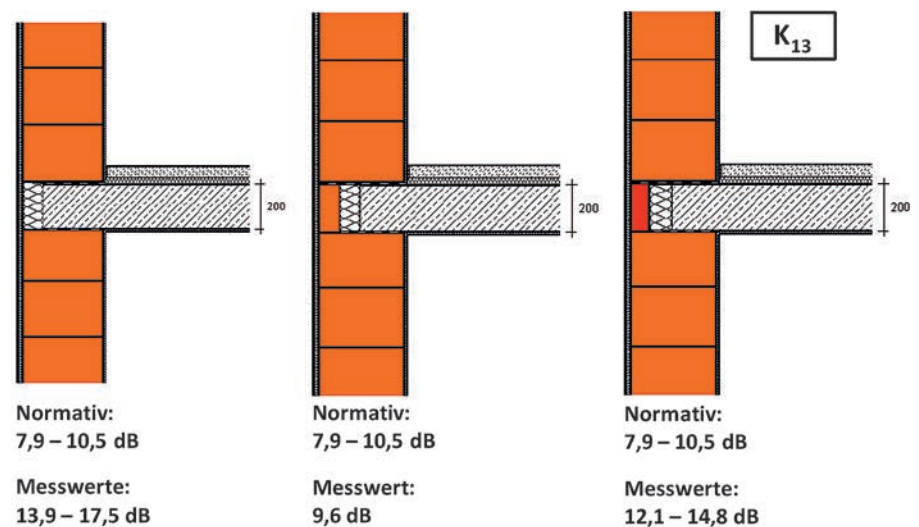


Bild 7. Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen  $K_{13}$  des Außenwand-Decken-Knotens  
 Fig. 7. Vibration reduction index  $K_{13}$  for different construction variants



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.

### 3.3 Brandschutz

Der Nachweis des baulichen Brandschutzes erfolgt zukünftig nicht mehr in einem gemeinsamen Dokument für alle Bauarten, sondern in gesonderten Teilen; für Mauerwerk in DIN EN 1996-1-2 [10] in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anhang [11]. Monolithische Außenwände aus Ziegelmauerwerk sind in der Regel tragend, dienen dem Raumabschluss und sind im Endzustand beidseitig verputzt. Die erforderlichen Mindestwanddicken zur Einstufung in Feuerwiderstandsklassen sind im Anhang B von DIN EN 1996-1-2/NA „Tabellenwerte der Feuerwiderstandsdauer von Mauerwerkswänden“ gegeben. Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit der im Anhang B gegebenen Tabellen ist, dass gemäß NDP zu Anhang B (5) die Gesamtausmitte  $e_{mk,fi}$  der Last in Wandhöhenmitte nicht größer als  $t/6$  sein darf:

$$\frac{e_{mk,fi}}{t} = \frac{M_{md,fi}}{N_{md,fi}} + \frac{e_{hm}}{t} + \frac{e_{init}}{t} + \frac{e_k}{t} \leq \frac{1}{6} \quad (2)$$

mit

$e_{mk,fi}$  Ausmitte der Last in Wandhöhenmitte [ $e_{mk,fi} = (t-a_{mk})/2$ ]

$M_{md,fi}$  Bemessungswert des größten Momentes in Wandhöhenmitte resultierend aus den Momenten am Wandkopf und -fuß, einschließlich aller anderen Biegemomente aus ausmittigen Lasten

$N_{md,fi}$  Bemessungswert der zugehörigen Normalkraft in Wandhöhenmitte (es sind die Kombinationsregeln für den Brandfall zu beachten, s. [19], [20])

$e_{hm}$  Ausmitte infolge horizontaler Lasten (z. B. Wind), jedoch nur, wenn Leiteinwirkung

$e_{init}$  ungewollte Ausmitte

$e_k$  Kriechausmitte

Dies bedeutet, dass – sofern Brandschutzanforderungen vorliegen und

der Lastabtrag über einen Abmauerstein vernachlässigt wird – am Wandkopf und Wandfuß der Außenwand Deckenauflagertiefen  $a/t$  größer  $2/3$  erforderlich sind.

Für Auflagertiefen  $a/t = 2/3$  führt diese Tatsache zu der Erkenntnis, dass monolithische Außenwände – sofern Brandschutzanforderungen vorliegen – im Wesentlichen auf den Anwendungsbereich von DIN EN 1996-3 ([12], [13]) begrenzt sind, da bei den vereinfachten Berechnungsmethoden die genannten Ausmitten in Wandhöhenmitte – de facto  $t/6$  – im Brandfall nicht überschritten werden. Die Ausmitten sind im Sicherheitsabstand und in den Nachweisgleichungen des Verfahrens enthalten und müssen daher nicht explizit berücksichtigt werden. Anderenfalls sind der rechnerische Ansatz eines Abmauersteines und somit die Anwendung des genaueren Verfahrens nach DIN EN 1996-1-1 ([14], [15]) oder konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Lage der Resultierenden zwingend erforderlich.

## 4 Statische Aspekte

### 4.1 Tragverhalten

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 Deckenauflagertiefe ( $a/t < 1$ ) im Gegensatz zu einer vollaufliegenden Decke ( $a/t = 1$ ), bei gleichzeitigem Verzicht auf einen Abmauerstein, die Tragfähigkeit der Wand ungünstig beeinflusst, da die Stirndämmung nicht zum Lastabtrag herangezogen werden kann und somit weniger Querschnittsfläche zum Lastabtrag zur Verfügung steht.

Es stellt sich die Frage, wann ein Abmauerstein zum Lastabtrag überhaupt herangezogen werden kann. Auf der einen Seite ist eine gewisse Mindestauflast erforderlich, um den Abmauerstein „aktivieren“ zu können, da der Lastabtrag bei zu geringen Auflasten aufgrund der deutlich größeren Steifigkeit der Stahlbetondecke in Verbindung mit der auftretenden Deckenverdrehung vorrangig über die Stahlbetondecke in die darunterliegende Wand erfolgt [16]. Der über den

Abmauerstein abzutragende Lastanteil kann jedoch erhöht werden, wenn die Deckenauflagertiefe entsprechend reduziert wird [17].

Der rechnerische Ansatz eines Abmauersteines kann bei größeren Auflasten sinnvoll sein. Er kommt allerdings nur dann infrage, wenn auch der Keller aus monolithischem Mauerwerk ausgeführt wird. Anderenfalls ist immer der Nachweis am Wandfuß des Erdgeschosses maßgebend, an dem oberhalb der Perimeterdämmung des Kellergeschosses kein Abmauerstein zur Verfügung steht.

## 4.2 Bemessung nach Eurocode 6/NA

### 4.2.1 Allgemeines

Im Mauerwerksbau wurde mit der Veröffentlichung des Nationalen Anhangs zu DIN EN 1996-1-2 im Juli 2013 das Normenpaket des Eurocode 6 (DIN EN 1996) in Deutschland endgültig fertig gestellt. Die Kaltbemessung kann dabei entweder nach den sogenannten „Vereinfachten Berechnungsmethoden“ von DIN EN 1996-3 [12] oder dem genaueren Verfahren von DIN EN 1996-1-1 [14] erfolgen. Die jeweiligen zugehörigen Nationalen Anhänge ([13], [15]) sind dabei zwingend zu beachten. Da monolithisches Ziegelmauerwerk in Deutschland nahezu ausschließlich aus Mauerziegeln nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) besteht, sind die in den abZ getroffenen und ggf. von den normativen Regelungen abweichenden Festlegungen ebenfalls stets zu beachten. Dies gilt natürlich auch für die bereits angesprochenen bauphysikalischen Aspekte.

### 4.2.2 Vereinfachte Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA

DIN EN 1996-3 mit seinen vereinfachten Berechnungsmethoden wurde insbesondere auf Wunsch Deutschlands mit in den Eurocode 6 aufgenommen. Damit sollte in Anlehnung an das in Deutschland bewährte vereinfachte Verfahren nach DIN 1053-1 [18] sichergestellt sein, dass auch bei Anwendung des Eurocode der statische Nachweis eines Großteils (ca. 90 %) aller im Mauerwerksbau auftretenden Problemstellungen innerhalb kürzester Zeit und ohne großen Aufwand weiterhin möglich ist. Sind die Voraussetzungen zur Anwendung der vereinfachten Methoden eingehalten (z. B. maximale

Gebäudehöhe 20 m, maximale 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 Mindestauflagertiefe der Decke auf der Außenwand muss bei Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethoden gemäß [13]  $a/t = 0,5$  ( $a/t = 0,45$  für Außenwände für Wanddicken  $t = 36,5$  cm) betragen. Die rechnerische Berücksichtigung des Abminderungswertes ist bei Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethoden nicht zulässig.

Der Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstandes (der aufnehmbaren Normalkraft)  $N_{Rd}$  wird mit Gl. (3) ermittelt. Die Abminderung der Traglast infolge Lastausmitte und/oder Knicken erfolgt dabei über den Abminderungsbeiwert  $\Phi$ .

$$N_{Rd} = A \cdot f_d \cdot \Phi \quad (3)$$

mit

$N_{Rd}$  Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstandes

$A = b \cdot t$  Bruttoquerschnittsfläche des nachzuweisenden Wandabschnitts

$f_d$  Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit

$\Phi$  Abminderungsbeiwert infolge Lastausmitte und/oder Knicken

Die Abminderung der Traglast infolge Lastausmitte am Wandkopf und Wandfuß bei Endauflagern wird mittels des Abminderungsfaktors  $\Phi_1$  erfasst:

für  $f_k \geq 1,8 \frac{N}{mm^2}$  gilt:

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6} \leq 0,90 \cdot \frac{a}{t} \quad (4)$$

für  $f_k < 1,8 \frac{N}{mm^2}$  gilt:

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{5} \leq 0,90 \cdot \frac{a}{t} \quad (5)$$

$f_k$  charakteristischer Wert der Mauerwerksdruckfestigkeit

$l_f$  Stützweite der angrenzenden Geschossdecke

$a/t$  auf die Wanddicke  $t$  bezogene Auflagertiefe  $a$  der Geschossdecke

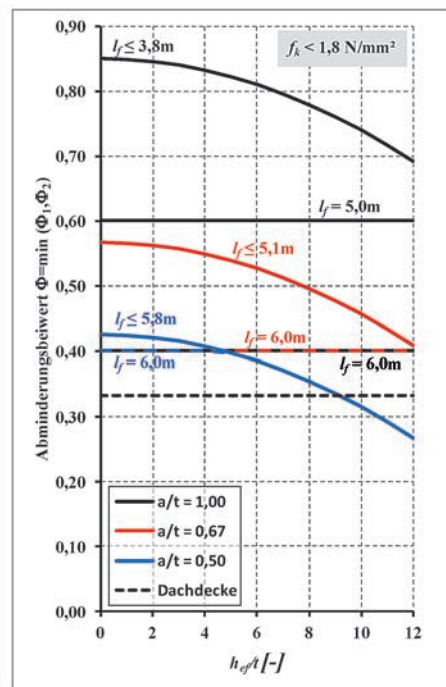
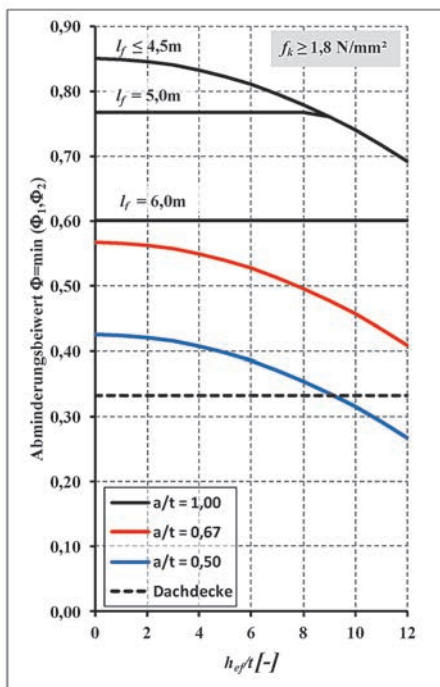


Bild 8. Maßgebender Abminderungsfaktor  $\Phi$  nach DIN 1996-3/NA

Fig. 8. Decisive capacity reduction factor  $\Phi$  according to DIN EN 1996-3/NA

Bei Decken über dem obersten Geschoss, insbesondere Dachdecken, gilt aufgrund der geringen Auflasten  $\Phi_1 = 0,333$ . Wird die Traglastminderung infolge Deckenverdrehung durch konstruktive Maßnahmen verhindert (z. B. durch Zentrierung), so gilt unabhängig von der Deckenstützweite  $\Phi_1 = 0,9 \cdot a/t$ .

Die Abminderung der Traglast infolge Knickens in Wandhöhenmitte wird mittels des Abminderungsfaktors  $\Phi_2$  erfasst:

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left( \frac{h_{ef}}{t} \right)^2 \quad (6)$$

mit

$h_{ef}$  Knicklänge der Wand (entspricht der lichten Geschosshöhe  $h$ , wenn  $t > 25$  cm)

In Bild 8 sind die sich aus den Gln. (4) bis (6) ergebenden maßgebenden Abminderungsbeiwerte in Abhängigkeit

der bezogenen Auflagertiefe  $a/t$ , der Deckenstützweite  $l_f$  und der charakteristischen Druckfestigkeit des Mauerwerks  $f_k$  dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Auflagertiefen der Geschossdecken am Wandkopf und Wandfuß gleich groß sind. Der praxisrelevante Wertebereich für die Schlankheit  $h_{ef}/t$  von Außenwänden liegt zwischen 5 und 10 (vgl. Tabelle 2).

Vernachlässigt man die Situation „Dachdecke“, die aufgrund des dort vorliegenden geringen Auflastniveaus in der Regel ohnehin nicht maßgebend wird, beeinflusst die Auflagertiefe die Tragfähigkeit der Außenwände mitunter erheblich. Für  $f_k$ -Werte  $\geq 1,8$  N/mm<sup>2</sup> und  $a/t \leq 0,71$  wird immer der Abminderungsbeiwert für Knicken maßgebend. Der Tragfähigkeitsverlust bei einer bezogenen Auflagertiefe  $a/t = 0,5$  gegenüber  $a/t = 0,67$  beträgt rund 25 %. Bei  $f_k$ -Werten  $< 1,8$  N/mm<sup>2</sup> hat die Deckenverdrehung bzw. die Spannweite auch

Tabelle 2. Praxisrelevante Verhältniswerte  $h_{ef}/t$  von monolithischen Außenwänden  
Table 2. Range for the slenderness  $h_{ef}/t$  of external monolithic walls with practical relevance

Wanddicke t [cm]	Knicklänge $h_{ef}$ = lichte Geschosshöhe $h$ ( $\rho_2 = 1,0$ ) [m]					
	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
36,5	6,8	7,5	8,2	8,9	9,6	10,3
42,5	5,9	6,5	7,1	7,6	8,2	8,8
49,0	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,7



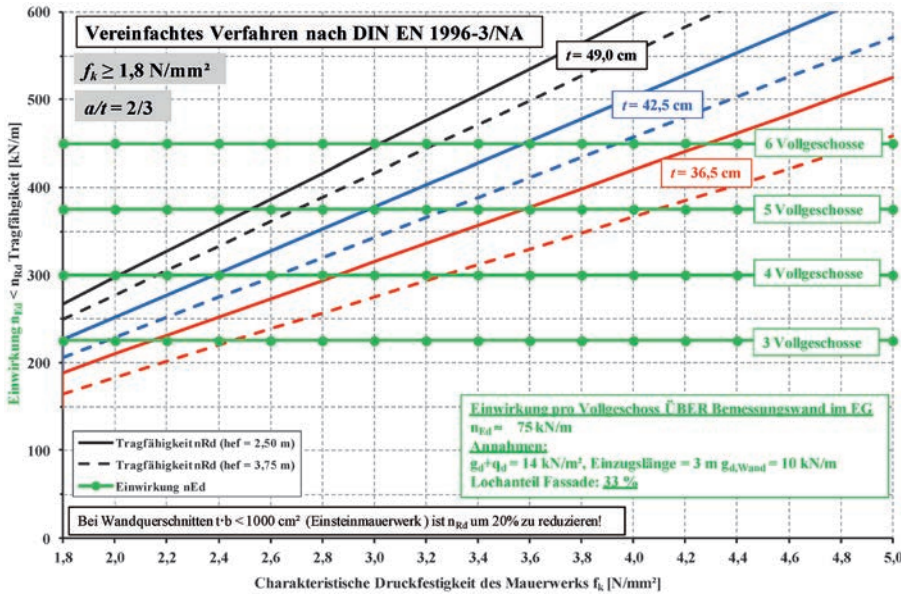


Bild 9. Gegenüberstellung Tragfähigkeit mit Einwirkung für  $f_k \geq 1,8$  N/mm<sup>2</sup>  
 Fig. 9. Comparison of  $N_{Ed}$  and  $N_{Rd}$  in case of  $f_k \geq 1,8$  N/mm<sup>2</sup>

bei Auflagertiefen  $a/t < 0,71$  Einfluss auf die Tragfähigkeit.

In Bild 9 werden die aus gegebenen  $f_k$ -Werten  $\geq 1,8$  N/mm<sup>2</sup> resultierenden Tragfähigkeiten von monolithischen Außenwänden  $n_{Rd}$  für eine gegebene bezogene Auflagertiefe  $a/t = 2/3$  in Abhängigkeit der Wanddicke und der Geschosshöhe den im Wohnungsbau üblichen Einwirkungen  $n_{Ed}$  gegenübergestellt. Die aufnehmbare Normalkraft bzw. die Tragfähigkeit  $n_{Rd}$  ist umso größer, je höher der  $f_k$ -Wert, je dicker die Wand und je geringer die Geschosshöhe ist. Setzt man einen  $f_k$ -Wert = 3,6 N/mm<sup>2</sup> voraus, so beträgt die Tragfähigkeit einer 36,5er Außenwand in Abhängigkeit der Geschosshöhe ca. 350 kN/m. Bei einer Wanddicke von 42,5 cm erhöht sich die Tragfähigkeit auf rund 425 kN/m.

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.

Bild 9 zeigt, dass sich bereits mit einer Druckfestigkeit des Mauerwerks  $f_k = 3,0$  N/mm<sup>2</sup> 4-geschossige Wohngebäude aus monolithischem Ziegelmauerwerk i. d. R. problemlos realisieren lassen, wenn der Lochanteil der Fassade 33 % beträgt.

Produkte mit  $f_k$ -Werten kleiner 1,8 N/mm<sup>2</sup> finden in tragendem Mauerwerk vornehmlich im ein- oder zweigeschossigen Wohnungsbau Verwendung. Geht man auch in diesem Fall von einer bezogenen Deckenauflagertiefe  $a/t = 2/3$  aus, so wird ab einer Deckenspannweite von 5,1 m der Abminderungsbeiwert infolge Deckenverdrehung maßgebend (vgl. Bild 8). Dennoch sind mit den daraus resultierenden Tragfähigkeiten i. d. R. alle Bemessungssituationen innerhalb des Anwendungsbereiches dieser Produkte abgedeckt.

#### 4.2.3 Genaueres Verfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA

Vor dem Hintergrund, dass der Anwendungsbereich der vereinfachten Berechnungsmethoden Gebäude mit Höhen bis zu 20 m abdeckt, also bis zu 6- oder 7-geschossige Gebäude, kann davon ausgegangen werden, dass schätzungsweise 90 bis 95 % der üblichen Anwendungsfälle von monolithischem Ziegelmauerwerk in den Anwendungsbereich der vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3 fallen. Die Anwendung des genaueren Verfahrens ist insbesondere vor dem Hintergrund, dass ohne den rechnerischen Ansatz eines Abmauersteines ohnehin nur geringe Tragfähigkeitsgewinne gegenüber den vereinfachten Berechnungsmethoden zu erwarten sind, nur in sehr wenigen Ausnahmefällen aus statischer Sicht erforderlich.

Auch unter dem Aspekt des Nachweises der Gebrauchstauglichkeit ist die Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3 anstelle des genaueren Verfahrens nach DIN EN 1996-1-1 zu empfehlen. Wird nämlich der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit den vereinfachten Berechnungsmethoden geführt (und werden die Ausführungsregeln nach DIN EN 1996-2 eingehalten), darf ohne weiteren Nachweis, wie z. B. der Begrenzung der Exzentrizität (DIN EN 1996-1-1/NA; NCI zu 7.2; NA.6 [15]) die Gebrauchstauglichkeit als erfüllt angesehen werden.

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

Im Rahmen dieses Beitrages wird aufgezeigt, dass unter den Aspekten Statik, Schallschutz und Brandschutz möglichst große bezogene Deckenauflagertiefen  $a/t$  zu empfehlen sind. Betrachtet man dagegen ausschließlich den Wärme- und Feuchteschutz, sollten die Auflagertiefen dagegen möglichst gering sein. Fasst man alle Aspekte und gewonnenen Erkenntnisse zusammen, so wird eine bezogene Deckenauflagertiefe  $a/t = 2/3$  bei gleichzeitigem Verzicht auf einen Abmauerstein empfohlen. Das restliche Drittel ist mit einer Stirndämmung der WLG 035 auszuführen. Zur Sicherstellung eines homogenen Putzgrundes kann eine Ziegelschale an der Außenseite angeordnet werden. Die WLG der Dämmung ist in diesem Fall in Abhängigkeit der Dicke und Wärmeleitfähigkeit der Ziegelschale anzupassen. Es ist darauf zu achten, dass die Stirndämmung eine mögliche Verkürzung der Stahlbetondecke infolge Kriechens und Schwindens ausgleichen kann, sofern die Gefahr der Verkrallung des Frischbetons mit der Stirndämmung nicht ausgeschlossen werden kann.

Vor dem Hintergrund einer möglichen Verformung der Stahlbetondecke empfiehlt sich außerdem der Einsatz von Trennlagen aus Bitumpappe ober- und unterhalb der Außenwände. Ein 30 bis 50 mm breiter Weichfilzstreifen an der inneren Wandkante zur Vermeidung von Spannungsspitzen und Verbesserung der Lage der Lastresultierenden ist



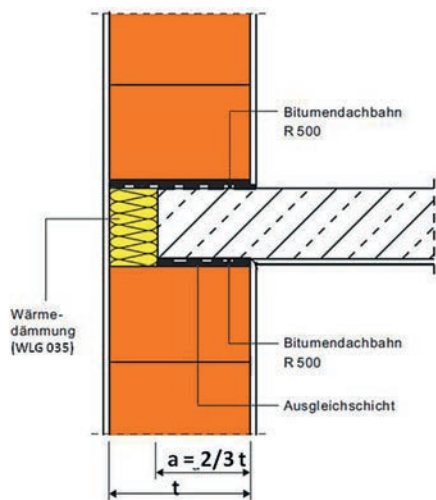


Bild 10. Vorschlag für die konstruktive Ausbildung des Details „Außenwand-Decken-Knoten“

Fig. 10. Proposal for an optimized execution of the detail “wall-slab-junction”

bei großen Deckenspannweiten, insbesondere über 6 m, ebenfalls zu empfehlen (vgl. Bild 10).

Mit dem in Bild 10 unterbreiteten Vorschlag lassen sich in der Regel alle an das Detail „Außenwand-Decken-Knoten“ gestellten Anforderungen problemlos erfüllen, ohne den praxisrelevanten Anwendungsbereich von monolithischem Ziegelmauerwerk in irgendeiner Form einzuschränken. Gleichzeitig wird empfohlen, sofern die Grenzen eingehalten sind, stets die vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3 anzuwenden, da diese den Nachweis eines Großteils aller im Mauerwerksbau auftretenden Problemstellungen innerhalb kürzester Zeit und ohne großen Aufwand ermöglichen.

#### Literatur

[1] DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03: Wärmeschutz im Hochbau, Beiblatt 2, Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele.  
 [2] Ziegel-Wärmebrücken-Details Version. 4.1.6. Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Bonn. www.argemauerziegel.de.

[3] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2013) vom 18. 11. 2013. BGBl. Jahrgang 2013 Teil I, Nr. 67, vom 21. November 2013, S. 3951.  
 [4] DIN V 4108-6:2003-06: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs.  
 [5] Gierga, M.; Fischer, E.: Bewertung von Wärmebrücken im Lichte der zukünftigen Energieeinsparverordnung und in Verbindung mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Mauerwerk 16 (2012) H. 4, S. 185–192.  
 [6] Passivhaus Institut: Anforderungen – Zertifizierung von Wand- und Bausystemen. Erforderliche Daten für die Beurteilung der Eignung von Wand- und Bausystemen als „Passivhaus geeignete Komponente“. Darmstadt 2012.  
 [7] Gierga, M.: Energie-Einsparverordnung 2009 – Leitfaden für Wohngebäude. Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Bonn 2010. www.argemauerziegel.de.  
 [8] Reichel, S.; Jäger, W.: Thermal and mechanical optimization of the wall-floor-junction of external walls based on passive house standards. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Canadian Masonry Symposium, Vancouver, British Columbia, June 2–5, 2013. Eds. D. Anderson, S. Brzev. Department of Civil Engineering, Faculty of Applied Science, The University of British Columbia, Canada. Electronic supplement to the Book of Abstracts. Paper No. 417. Vancouver 2013.  
 [9] DIN EN 12354-1:2000-12: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen; Deutsche Fassung EN 12354-1:2000.  
 [10] 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 1996-1-1:2005 + AC:2010.  
 [11] 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.

[12] 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.  
 [13] DIN EN 1996-3/NA:2012-01 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3/NA: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten.  
 [14] 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.  
 [15] DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1/NA: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk.  
 [16] Jäger, W.: Zukünftige Bemessung von Mauerwerk – Überblick und vereinfachtes Verfahren. Mauerwerk 13 (2009) H. 5, S. 257–273.  
 [17] Jäger, W.; Reichel, S.; Hammer, R.: Analyse des Tragverhaltens von bauphysikalisch optimierten Anschlussdetails einschaliger Wandkonstruktionen – Entwicklung eines passivhaustauglichen monolithischen Ziegelsystems für Österreich. In: Mauerwerk-Kalender 38 (2013), S. 261–295. Hrsg. W. Jäger. Berlin: Ernst & Sohn.  
 [18] DIN 1053-1:1996-11: Mauerwerk. Teil 1: Berechnung und Ausführung.  
 [19] DIN EN 1991-1-2:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002+AC: 2009.  
 [20] DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke.

#### Autor dieses Beitrages:

Dr.-Ing. Thomas Kranzler  
 Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.  
 Schaumburg-Lippe-Straße 4, 53113 Bonn  
 kranzler@ziegel.de