

# Auswertung von Stoßstellendämm-Maßen mit monolithischem Ziegelmauerwerk

Kai Naumann

Arge Mauerziegel im BV der Deutschen Ziegelindustrie e. V, 10117 Berlin, E-Mail: [naumann@ziegel.de](mailto:naumann@ziegel.de)

## Einleitung

Einfamilienhäuser sowie Mehrgeschossbauten in Massivbauweise werden häufig aus Ziegelmauerwerk errichtet. Die Außenwände dieser Gebäude bestehen aus hochwärmedämmenden, monolithischen Hochlochziegeln. Vorteile dieser Bauweise sind u. a., dass die Außenwände Gebäudelasten abtragen und gleichzeitig, ohne zusätzliche Dämmschicht, die Anforderungen zur Energieeinsparung erfüllen sowie Brandschutzanforderungen einhalten.

Die bauakustische Prognose der Luftschalldämmung innerhalb von Gebäuden wird gemäß der Normenreihe DIN 4109 ‚Schallschutz im Hochbau‘ durchgeführt. Die Stoßstellendämm-Maße beeinflussen wesentlich das Ergebnis des bewerteten Bauschalldämm-Maßes in Gebäuden in Massivbauweise. Die Stoßstellendämm-Maße von Bauteilanschlüssen mit flankierenden Bauteilen aus monolithischem Außenmauerwerk aus ungefüllten oder gefüllten Hochlochziegeln können nach den normativen Regeln nicht ohne Weiteres aus ihrer flächenbezogenen Masse errechnet werden. Seit 2010 stand daher ein zulassungsgeregeltes Bemessungsverfahren für die Nachweisführung von Bauteilen mit monolithischem Ziegelaußenmauerwerk zur Verfügung, bei der Prüfergebnisse der Stoßstellendämm-Maße aus Messungen in der Prognose verwendet werden können.

In diesem Bericht wird gezeigt, dass bei Verwendung von Prüfergebnissen von Stoßstellendämm-Maßen für Außenwände aus hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk eine hohe Planungssicherheit besteht.

Aufgrund der großen Bandbreite an Produkten von hochwärmedämmenden, monolithischen Hochlochziegeln mit unterschiedlichen Lochbildern, Lochanteilen sowie Lochfüllungen und aufgrund einer großen Vielfalt an Detailausbildungen der Stoßstellen, stellt die Ziegelindustrie die Bauakustiksoftware ‚Modul Schall 4.0‘ (siehe [www.ziegelrechner.de](http://www.ziegelrechner.de)) Planenden für die Nachweisführung kostenlos zur Verfügung.

## Stoßstellendämm-Maße für Flanken aus hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk

Als hochwärmedämmendes Ziegelmauerwerk werden ungefüllte oder mit Dämmstoffen gefüllte Hochlochziegel bezeichnet, deren Wärmeleitfähigkeit bei  $\lambda \leq 0,10 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$  liegt. Üblicherweise werden diese Produkte in Rohdichteklassen  $< 1,0$  und in Wanddicken von mindestens 300 mm hergestellt.

Gemäß DIN 4109-32:2016 [1], Abschnitt 5.2.4.2.2 dürfen die Stoßstellendämm-Maße von Stoßstellen aus trennenden Massivbauteilen, wie z. B. Vollziegeln oder Stahlbeton, und

flankierenden Außenmauerwerk aus vorgenannten Hochlochziegeln nicht allein aus den flächenbezogenen Massen der aneinandergrenzenden Bauteile berechnet werden, wenn das flankierende Ziegelmauerwerk nicht vollständig durch das Trennbauteil unterbrochen wird. Daher muss bei Anwendung des vorgenannten Normabschnittes die Stoßstellendämmung durch den Stoßstellenkorrekturwert  $\Delta K_{ij}$  reduziert werden.

Zur Bestimmung des Stoßstellenkorrekturwertes  $\Delta K_{ij}$  ist zunächst der Prüfwert des bewerteten Direktschalldämm-Maßes  $R_{w,L}$  der Ziegelaußenwand durch Messungen im Schallprüfstand zu ermitteln. Aus der flächenbezogenen Masse dieser Wand muss dann die Direktdämmung des gleichschweren (homogenen) Mauerwerks  $R_{w,R}(m')$  berechnet werden. Mittels DIN 4109-32 [1], Gleichung (40) wird die Differenz  $\Delta R_{w,L}$  dieser Schalldämm-Maße ermittelt:  $\Delta R_{w,L} = R_{w,R}(m') - R_{w,L}$ .

Auf dem Weg Ff ergibt sich nach DIN 4109-32 [1], Gleichung (41) eine Verminderung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  von  $\Delta K_{ij} = \Delta R_{w,L}/2$ .

Anmerkung:  $R_{w,R}(m')$  ist nicht zu verwechseln mit einem  $R_{w,R}$  gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 [2], welches ein Vorhaltemaß von 2 dB beinhaltet. Es wird aber hier die Schreibweise der DIN 4109-32 übernommen, um die aktuelle normative Schreibweise beizubehalten.

Die Reduzierung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  um den Stoßstellenkorrekturwert  $\Delta K_{ij}$  wirkt sich rechnerisch am größten auf dem Weg Ff aus, da die Schall-Längsübertragung auf diesem Übertragungsweg aufgrund der Direktschalldämmung des Außenbauteils naturgemäß einen signifikanten Einfluss hat.

Zu beachten ist, dass gemäß DIN 4109-32 [1], Gleichung (42) eine gesonderte Regelung gilt, wenn mindestens eine Fläche der flankierenden Bauteile auf dem Übertragungsweg Ff im Bereich von Wohnungstrennwänden  $S_i < 2,5 \text{ m}^2$  ist. Diese Situation wird in diesem Bericht nicht betrachtet.

Generell gilt nach DIN 4109-2:2018 [3], 4.2.2.2, dass, wenn ein nach DIN 4109-32 [1], 5.2.4 ermitteltes oder aus Prüfberichten entnommenes Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  kleiner als der Mindestwert  $K_{ij,\min}$  gemäß Gleichung (17)

$$K_{ij,\min} = 10 \cdot \log \left[ l_f \cdot l_0 \cdot \left( \frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right]$$

ist, der Nachweis mit diesem Mindestwert zu führen ist.

Wendet man das vorgenannte normative Verfahren zur Ermittlung der Stoßstellendämm-Maße für Stoßstellen mit flankierenden Außenbauteilen aus Hochlochziegeln an, so zeigt sich, dass die Stoßstellendämm-Maße mitunter

signifikant reduziert werden. Mit diesen errechneten Stoßstellendämm-Maßen sind die bauakustischen Anforderungen auf dem Rechenweg teilweise nicht mehr nachweisbar. Auswertungen von Prüfergebnissen von Güteprüfungen in ausgeführten Gebäuden zeigen jedoch, dass die Prüfwerte über den Rechenwerten liegen und durch Ansatz der normativen Stoßstellendämm-Maße die schalltechnische Realität offensichtlich nicht hinreichend getreu abgebildet wird.

In großen Messreihen an Stoßstellen von Ziegelkonstruktionen konnte gezeigt werden, dass die Prüfwerte in der Regel mehrere Dezibel über den Rechenwerten liegen. Die Abweichungen zwischen rechnerisch ermittelten Bauschalldämm-Maßen und Werten aus Güteprüfungen zugunsten der Ziegelkonstruktionen konnten erklärt werden.

### Umsetzung des Prognosemodells nach DIN EN 12354-1 – Nachweis nach Zulassung

Das europäische Rechenmodell nach DIN EN 12354-1:2000 [4] zur rechnerischen Prognose des bewerteten Schalldämm-Maßes eröffnete die Möglichkeit der Einführung einer Rechenmethode für Konstruktionen aus Hochlochziegeln. In Zusammenarbeit der HFT Hochschule für Technik (Stuttgart) und der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel wurde ein Bemessungsverfahren entwickelt, in welches nicht ausschließlich die normativen Rechenwerte, sondern Prüfwerte der Stoßstellendämm-Maße in das Ergebnis einfließen. Im damaligen Vorgriff der nächsten Generation der DIN 4109, die sich noch in der Bearbeitung befand, wurde die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 [5] erarbeitet, welche durch das DIBt in 2010 veröffentlicht wurde. Ab diesem Zeitpunkt konnten Planende noch weit vor Veröffentlichung der Normenreihe DIN 4109:2016 das nun baurechtlich eingeführte bauakustische Prognoseverfahren anwenden.

Dieses Prognosemodell wurde 2016 in DIN 4109-2 [3] veröffentlicht. Seit mehr als zehn Jahren besteht Erfahrung in der Anwendung des Bemessungsverfahrens unter Berücksichtigung der individuell durch Messungen ermittelten Stoßstellendämm-Maße.

Voraussetzung für die Anwendung dieses Prognoseverfahrens für hochwärmedämmende Mauerziegel ist die Kenntnis der schalltechnisch relevanten Parameter der Direktschalldämm-Maße  $R_{w,Bau,ref}$  – also der bewerteten Schalldämm-Maße  $R_w$  jeweils bezogen auf den mittleren Verlustfaktor am Bau – sowie der Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$ , der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile bzw. Konstruktionen. Diese Daten werden in aufwändigen Messungen für die einzelnen Produkte und Produktkombinationen durch Messungen an Laboraufbauten ermittelt.

Die Prognosegenauigkeit wird in [6] ausführlich in Vergleichen von Rechenwerten durch Anwendung der jeweils durch Prüfungen ermittelten Direktschalldämm-Maße der Hochlochziegelkonstruktionen und der Stoßstellendämm-Maße der Trennbauteile mit dem Außenmauerwerk aus Hochlochziegeln gezeigt.

### Berücksichtigung weiterer bautechnischer Randbedingungen

Zur bauphysikalischen Optimierung eines Gebäudes ist der Blick auf andere Planungsdisziplinen wertvoll. Die Detailausbildung der Bauteilknoten zwischen Wohnungstrenndecken/-wänden und den flankierenden Außenwänden war bislang überwiegend aus Gründen des Wärmeschutzes optimiert. Mit der Neuauflage von DIN 4108 Beiblatt 2 [7] in 2019 ergibt sich mehr Spielraum in der Gestaltung der vorgenannten Bauteilknoten hinsichtlich der Anforderungen an den Einfluss der Wärmebrücken. Hier werden nun tiefere Einbindungen der Trennbauteile in die Außenbauteile möglich, was nicht nur hinsichtlich der Schall-Längsdämmung positive Effekte erzeugt. Auch nach DIN EN 1996-3:2019 [8] wirkt sich eine Vergrößerung der Deckenaufлагertiefe in die Außenwand positiv auf die Tragfähigkeit der Außenwände aus.

Durch die vorgenannten individuellen Messungen an den unterschiedlich ausgebildeten Stoßstellen können die schalltechnischen Eigenschaften viel realitätsgetreuer erfasst werden, wodurch die Planungssicherheit erhöht wird. Im Folgenden werden an Beispielen die Unterschiede zwischen normativ berechneten und durch individuelle Messungen ermittelte Stoßstellendämm-Maße gezeigt.

### Verfahren zur Ermittlung der Stoßstellendämm-Maße aus Messungen

Wie zuvor beschrieben gibt es eine große Bandbreite an hochwärmedämmenden Hochlochziegeln, die in jeweils unterschiedlichen Wanddicken angeboten werden. Es variieren ferner der Lochanteil, die Lochbilder, die Lochfüllungen (ohne oder mit Dämmstoff) sowie die Einbindetiefe und jeweilige sonstige Ausgestaltung der Stoßstelle. Außerdem sind unterschiedliche Trennbauteile zu berücksichtigen. In der Datenbank der Bauakustiksoftware ‚Modul Schall 4.0‘ sind daher die Stoßstellendämm-Maße von mehr als 400 Bauteilanschlüssen für verschiedene hochwärmedämmende Hochlochziegel hinterlegt. Dies sind vorwiegend herkömmliche T-Stöße von Außenwand an Wohnungstrenndecke oder Wohnungstrennwand. Zudem sind auch Werte für versetzte Grundrisse verfügbar, die so genannten Winkelstöße.

Diese zahlreichen Stoßstellendämm-Maße wurden nicht alle durch einzelne Prüfungen ermittelt. Aufgrund der Auswertungen und der gewonnenen Erfahrungen wurden Inter- bzw. Extrapolationen durchgeführt. Der Prüfwert des Stoßstellendämm-Maßes eines Produktes mit einer bestimmten Wanddicke wird dabei auf andere Wanddicken interpoliert.

Der Zusammenhang bei Stoßstellen aus homogenen Baustoffen, dass bei geringerem Masseunterschied zwischen Trennbauteil und Flanke das Stoßstellendämm-Maß geringer wird, spiegelt sich in den Extrapolationen für die Stoßstellen mit Hochlochziegeln wider. Die Planungssicherheit konnte in [6] auch für Zahlenwerte aus Inter- bzw. Extrapolationen nachgewiesen werden.

## Vergleich der Rechenwerte der Stoßstellendämm-Maße mit Prüfwerten

### Auswertungen der Stoßstellendämm-Maße

Eine Auswertung von über 200 T-Stößen mit Hochlochziegeln der vorgenannten Datenbank ergab, dass der jeweilige Prüfwert nahezu immer über dem nach DIN 4109-32 [1] bestimmten Rechenwert des Stoßstellendämm-Maßes liegt. Einige wenige Unterschreitungen treten auf, welche innerhalb der Streuung von 3 dB liegen, die in DIN EN ISO 12354-1 [4] für T-Stöße von Mauerwerk ermittelt wurden. Tabelle 1 zeigt den Vergleich für drei unterschiedliche Anschlussdetails. Bei dem Stumpfstoß schließt das Trennbauteil (hier: Füllziegelwand, mit Beton verfüllt) stumpf an die Außenwand aus Hochlochziegelmauerwerk

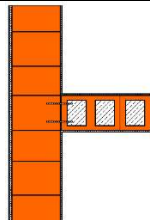
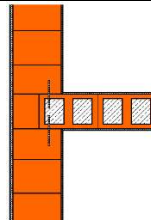
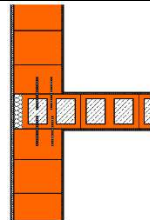
an. Die Stoßfuge ist vermörtelt und es werden Mauerwerksverbinder eingebaut. Die Außenwanddicke wird im Bereich des Anschlusses des Trennbauteils nicht reduziert.

Bei einer teilweisen Einbindung wird die Außenwanddicke im Anschlussbereich an das Trennbauteil reduziert. Allerdings verbleibt an der Stirnseite des Trennbauteils ein Restquerschnitt der Hochlochziegelaußenwand.

Bei der Durchbindung wird die Außenwand komplett durch das Trennbauteil durchstoßen. Zur Reduzierung der Wärmebrückenverluste wird eine Stirndämmung eingebaut.

Die drei dargestellten Konstruktionen wurden in Laboraufbauten in zahlreichen Varianten messtechnisch untersucht.

**Tabelle 1:** Vergleich von Rechen- und Prüfwerten von Stoßstellendämm-Maßen  $K_{FF}$  von Flanken aus Hochlochziegeln

		Stumpfstoß	Teilweise Einbindung	Durchbindung
Skizze				
Detailausbildung		stumpfer Anschluss	10 cm Einbindung	6 cm Stirndämmung
Trennbauteil	Art	Füllziegel	Füllziegel	Füllziegel
	Wanddicke	240 mm	240 mm	240 mm
	$m'_{Trenn}$ (inkl. Putz)	480 kg/m <sup>2</sup>	480 kg/m <sup>2</sup>	476 kg/m <sup>2</sup>
Flankierendes Bauteil	Hochlochziegel	ungefüllt	ungefüllt	ungefüllt
	Wanddicke	300 mm	300 mm	300 mm
	RDK	0,9	0,9	0,7
	$m'_{Flanke}$ (inkl. Putz)	287 kg/m <sup>2</sup>	287 kg/m <sup>2</sup>	235 kg/m <sup>2</sup>
	$R_{w,R}(m')$	53,7 dB	53,7 dB	51,1 dB
	$R_{w,Bau,ref}$	49,0 dB	49,0 dB	48,2 dB
	$\Delta R_{w,L} = R_{w,R}(m') - R_{w,L}$	4,7 dB	-	-
	$\Delta K_{FF} = \Delta R_{w,L}/2$	2,4 dB	-	-
Stoßstellendämm-Maß	$K_{FF,homogen}$ (Rechenwert)	9,5 dB	9,5 dB	10,1 dB
	$K_{FF,L}$	9,5 – 2,4 = <b>7,1 dB</b>	<b>9,5 dB</b>	<b>10,1 dB</b>
	$K_{FF,Prüfwert}$	<b>7,8 dB</b>	<b>10,3 dB</b>	<b>10,7 dB</b>
Ergebnis		<b>Prüfwert &gt; Rechenwert</b>	<b>Prüfwert &gt; Rechenwert</b>	<b>Prüfwert &gt; Rechenwert</b>

Bei der Variante ‚Stumpfstoß‘ ist die Reduzierung des Rechenwertes des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{FF,homogen}$  um den Stoßstellenkorrekturwert  $\Delta K_{FF}$  erforderlich, um eine Übereinstimmung mit dem Prüfwert zu erreichen.

Bei den Varianten ‚Teilweise Einbindung‘ und ‚Durchbindung‘ liegt der Prüfwert  $K_{FF,Prüfwert}$  über dem durch Berechnungen prognostizierten Stoßstellendämm-Maß. Eine Abminderung ist bei diesen Ausführungsvarianten nicht erforderlich.

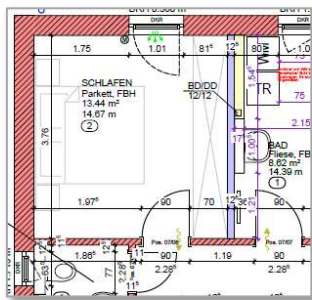
Es konnte durch zahlreiche Messungen nachgewiesen werden, dass die Anwendung dieser normativen Regelung regelmäßig zu einer Unterschätzung der Stoßstellendämm-Maße für hochwärmedämmendes Ziegelmauerwerk führt, wenn die Abminderung  $K_{FF,L}$  auf sämtliche nicht

durchbindenden Anschlüsse der Trennbauteile in das Außenmauerwerk erfolgt.

### Betrachtung der Stoßstelle einer Ziegel-Außenwand mit einer Wohnungstrenndecke

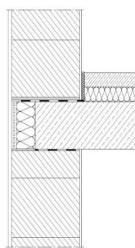
In [9] wurde für ein Mehrfamilienhaus u. a. ein Vergleich des berechneten Bauschalldämm-Maßes  $R'_w$  mit dem durch Güteprüfung ermittelten Prüfwert vorgestellt. Exemplarisch wird für diese Bausituation ein Vergleich der Eingangsgrößen zwischen Rechen- und Prüfwerten des Stoßstellendämm-Maßes durchgeführt.

Die folgende Abbildung 1 zeigt den Grundriss des betrachteten Eckraumes.



**Abbildung 1:** Betrachteter Eckraum des Mehrfamilienhauses zur Ermittlung der Schalldämmung

Durch bauakustische Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Decke über Erdgeschoss mit der Bauakustiksoftware ‚Modul Schall 4.0‘ ergibt sich für die symmetrisch übereinander liegenden Räume im Erdgeschoss und 1. Obergeschoss ein Wert von  $R'_{w} - u_{\text{prog}} = 58,8$  dB. Bei der Güteprüfung am fertig erstellten Gebäude wurde ein Prüfwert von  $R'_{w} = 61$  dB ermittelt.



**Abbildung 2:** Vertikalschnitt durch die betrachtete Stoßstelle Hochlochziegel mit Stahlbetondecke

Das durch Prüfung im Schallprüfstand ermittelte Direktschalldämm-Maß des verwendeten hochwärmedämmenden Hochlochziegels der Außenwand beträgt  $R_{w,\text{Bau,ref}} = 50,0$  dB. Aus der Rohdichteklasse 0,70 und der Wanddicke von 365 mm zuzüglich Putz ergibt sich eine flächenbezogene Masse des Außenmauerwerks von  $m' = 260$  kg/m<sup>2</sup>.

Auf dem Weg Ff ergibt sich gemäß DIN 4109-32 [1] aus den flächenbezogenen Massen ein Stoßstellendämm-Maß von  $K_{Ff} = 10,1$  dB. Durch Messungen im Labormaßstab in Anlehnung an DIN EN ISO 10848-1 wurde für diesen Bauteilknoten ein Stoßstellendämm-Maß von  $K_{Ff} = 10,5$  dB ermittelt. Dieses zeigt, dass eine Abminderung nicht gerechtfertigt ist, da die Messungen den Wert bestätigen.

## Zusammenfassung

Die Rechenwerte der Stoßstellendämm-Maße von Bauteilanschlüssen mit flankierenden Bauteilen aus monolithischen hochwärmedämmenden Hochlochziegeln nach DIN 4109-32:2016 [1] liegen überwiegend weit unter den Werten, die durch Messungen ermittelt werden. Seit 2010 steht für die Prognose der Bauschalldämm-Maße ein Bemessungsverfahren zur Verfügung, in welchem Prüfwerte der Stoßstellendämm-Maße verwendet werden können.

Bei Ansatz von Prüfergebnissen von Stoßstellendämm-Maßen für Flanken aus hochwärmedämmendem Ziegel-mauerwerk besteht eine hohe Planungssicherheit in der bauakustischen Planung.

Planenden wird die Bauakustiksoftware ‚Modul Schall 4.0‘ kostenlos als Arbeitsplatzversion zur Verfügung gestellt. Die für die bauakustische Bemessung relevanten Produktdaten von hochwärmedämmenden Hochlochziegeln sind hier in einer umfangreichen Datenbank hinterlegt. Die Software kann auch zur Bemessung für den Massivbau mit anderen Baustoffen angewendet werden.

Die Software kann unter den Internetseiten [www.schallrechner.de](http://www.schallrechner.de) oder [www.ziegelrechner.de](http://www.ziegelrechner.de) bezogen werden.

## Danksagungen

Wir danken Herrn Professor Berndt Zeitler und seinen Mitarbeitenden von der HFT Hochschule für Technik (Stuttgart) für den fachlichen Austausch sowie von der Firma Kurz und Fischer (Bottrop) Herrn Michael Gierga für fachliche Beratung und Unterstützung bei der Zusammenstellung der Daten.

## Literatur

- [1] DIN 4109-32:2016 „Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau“
- [2] Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 „Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“ (Hinweis: Dokument zurückgezogen)
- [3] DIN 4109-2:2018 „Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen“ (Hinweis: Ausgabe 2018 ersetzt Ausgabe 2016)
- [4] DIN EN 12354-1:2000 „Bauakustik; Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen“ (Hinweis: Dokument zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 12354-1:2017)
- [5] Z-23.22-1787 „Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN V 105-100 oder DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401; Nachweis der Luftschalldämmung von Mauerwerk aus Hochlochziegeln in Wohngebäuden in Massivbauart“
- [6] Fischer, Gierga, Schneider, „Luftschalldämmung im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit Hochlochziegelmauerwerk – Prognosen nach DIN 4109:2016 und Vergleich mit Messwerten“ Bauphysik 38 (2016), Heft 4
- [7] DIN 4108 Beiblatt 2:2019 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Beiblatt 2: Wärmebrücken — Planungs- und Ausführungsbeispiele“
- [8] DIN EN 1996-3/NA:2019 „Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten“
- [9] Naumann, K.: Bauakustische Bemessung von Mehrgeschossbauten mit monolithischen Ziegel-Außenwänden. DAGA 2019 (2019), 575-578