

Technische Informationen // **STATIK**



Herausgeber: Deutsche Poroton GmbH

Beiträge: Sonja Kühlborn  
Simone Otto  
Kai Sommerlade  
Werner Seim  
(Universität Kassel)

Redaktionsteam: Alfred Emhee  
Simone Heinecke  
Carsten Rüniger  
Bettina Wedler  
Clemens Kuhlemann  
(Deutsche Poroton GmbH)

Ausgabe: 30. September 2017

# Statik

## Inhaltsverzeichnis



1. POROTON-Mauerwerk	4
2. Tragwerksentwurf	15
3. Die einschalige Außenwand	23
4. Innenwände	38
5. Bemessung	53
6. Bemessungsbeispiele	84





# 1. POROTON-Mauerwerk

## 1.1 Allgemeines

Täglich kann man es lesen und hören: Wir stehen erst am Anfang der Energiewende! Umso einleuchtender ist es, wenn Bauherren bei der Planung ihrer Häuser auch schon an die Folgekosten denken und Heizenergie einsparen wollen.

Aber der Fachmann weiß, dass der Wärmeverlust von Gebäuden nicht in dem Maße verringert werden kann, wie es durch die Reduzierung des Wärmedurchgangskoeffizienten theoretisch zu erwarten wäre. Maßgebend hierfür sind Wärmebrückeneffekte und wechselnde Wärmeübergangsverhältnisse auf der Außen- und Innenseite der Wand, U-Wert-Differenzen zwischen

den einzelnen Bauteilen, Heizungstechnik usw., um nur einige Faktoren zu nennen (siehe Abschnitt 3).

Es genügt nicht, sich nur und ausschließlich auf den Wärmedurchgangskoeffizienten zu konzentrieren, darüber hinaus jedoch die Bedeutung des Diffusionsverhaltens der Wand für ein gesundes Raumklima außer Acht zu lassen.

Gerade auch in unseren Tagen erfüllen die Eigenschaften des Ziegels entscheidende Anforderungen: zukunftssicheres Bauen verbunden mit den wirtschaftlichen Vorzügen neuzeitlicher Baustoffe.

Der Ziegel ist der älteste von Menschen

hergestellte Baustoff. Energieersparnis durch Wärmedämmung und Wärmespeicherung, Feuchteregulierung durch Kapillarität und geringer Diffusionswiderstand sind herausragende Kriterien des seit Jahrtausenden bewährten natürlichen Rohstoffs Ton.

POROTON-Ziegel sind Wandbaustoffe mit den bewährten Eigenschaften von gebranntem Ton. Ziegel sind ein Stück der Erde und bestehen aus den natürlichen Rohstoffen Lehm und Ton sowie deren Mischungen. Diese Naturprodukte bestimmen hauptsächlich die Qualität des Ziegels und seine besondere Eignung als Baustein.



1.1a Abbau von Ton

## 1.2 Herstellung von Hochlochziegeln

Die Rohstoffgewinnung erfolgt zumeist in unmittelbarer Umgebung der Produktionsstätte. Je nach Region und geologischen Gegebenheiten werden die Rohstoffe mithilfe der verschiedensten Gewinnungsgeräte (vgl. Abbildung 1.1 a) abgebaut. Dabei wird das gewachsene Umweltbewusstsein der Öffentlichkeit, der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden sowie der POROTON-Ziegel-Hersteller berücksichtigt. Die Abbaustätten werden so schonend wie möglich genutzt und schon während des Abbaus und im Anschluss rekultiviert. Aus ehemaligen Abbaustätten sind wertvolle neue Biotope mit einer vielgestaltigen Flora und Fauna entstanden oder sie dienen als Freizeitgelände dem Erholungsbedürfnis der Menschen.

Die Rohstoffe werden im Ziegelwerk den sogenannten Kastenbeschickern zugeführt, welche die einzelnen Rohstoffkomponenten der Aufbereitung in genau dosierten

Mengen zuleiten und somit die optimale Mischung der Komponenten erzielen. Neben den mineralischen Rohstoffen werden noch ausbrennende Porosierungsmittel (z. B. Sägespäne, Papierfasern, expandiertes Styropor) verwendet, um dem künftigen Ziegelscherben selbst wärmedämmendere Eigenschaften zu verleihen – „POROTON“. Die Aufbereitung besteht aus Zerkleinerungs-, Misch- und Aussonderungsanlagen, z.B. dem sog. Brechmischer, Kollergang, Fein- und Grobwalzwerk, da die abgebauten Mineralien häufig mit Steinen, stückigem Schiefer oder auch Pflanzenresten verunreinigt sind.

Nach der Aufbereitung gelangt die Mischung i.d.R. in ein Sumpfhaus oder in einen Maukturm. Die Einlagerung erfolgt schichtenweise, sodass die abgebaute Tonmenge eines Zeitraumes möglichst auf eine große Fläche verteilt eingelagert wird. Im Sumpfhaus bzw. Maukturm erfolgt ein

Feuchtigkeitsausgleich und die tonigen Rohstoffe werden aufgeschlossen. Später wird der eingelagerte Rohstoff wieder entnommen und der Formgebung zugeführt. Die Formgebung wiederum besteht aus Mischanlagen (Siebfilter- und Siebbrechmischer mit Wasserdampfzugabe (vgl. Abbildung 1.1b) und Vakuum-Schneckenpressen, welche den Ton verdichten und unter Ausschluss von Luftblasen mit hohem Druck (z.B. 12 bar) in einen Tonstrang umformen. Am Ende der Presse befindet sich ein auswechselbares Mundstück, welches letztendlich die Ziegel-Lochung abbildet. Der endlose Tonstrang wird anschließend mittels automatischen Drahtschneidsystemen in einzelne Rohlinge abgeschnitten. Die Rohlinge werden heutzutage meistens mittels Robotertechnik vom Band abgenommen und auf Trocknerlatten abgelegt (vgl. Abbildung 1.1d). Anschließend gelangen sie durch eine Förderanlage etagen-

weise in einen Trocknerwagen und schließlich auf Gleisen in den Durchlaufrockner. Teilweise werden auch Trocknerkammern verwendet, in denen genaue Trocknungsprogramme je nach Ziegeltyp (Leichtziegel, Schwerware) ablaufen.

Die Trocknung erfolgt bei Temperaturen bis ca. 130 °C und dauert ca. 24 – 50 Stunden.

Anschließend werden die getrockneten Rohlinge aus dem Trocknerwagen entladen und auf Ofenwagen gestapelt. Die Ofenwagen werden auf Gleisen durch Tunnelöfen gefahren. Die Öfen gliedern sich in einzelne Temperaturzonen. Die Höchst-



1.1b aufbereitete Ziegelmasse

temperatur des Brennvorgangs beträgt ca. 860–1.050 °C. Beim Brand werden die Tonminerale entwässert und durch Silikatisierung/Sinterung irreversibel zum keramischen Scherben umgewandelt. Die Brenndauer beträgt bis zu 48 Stunden. Die gebrannten Ziegel erhalten dadurch ihre Festigkeit sowie die Stabilität gegen Wassereinwirkung und chemische Einflüsse (Säuren, Laugen).

Das typische Ziegelrot entsteht durch mehr oder weniger vorhandene Eisenoxydanteile beim Brennen.

Um den zunehmenden Anforderungen an nachhaltige Bauprodukte und einem optimalen Wärmeschutz gerecht zu werden, kommt der Produktentwicklung eine immer größere Bedeutung zu. Bei den Ziegeltypen POROTON-P und POROTON-MW wird die Wärmedämmung in Form von Perlitkugeln (POROTON-P) oder Mineralwolle

(POROTON-MW) nach dem Brand in die Ziegel eingebracht. Das aus diesen wärmetechnisch optimierten Ziegeln erstellte Mauerwerk bedarf keiner zusätzlichen Außendämmung, z.B. in Form eines Wärmedämmverbundsystems. Insofern ist die Langlebigkeit und Schadensunanfälligkeit mit weit über 50 Jahren gesichert.

Der Wärmedurchgangswiderstand von POROTON-Ziegeln wird entweder durch eine sehr filigrane, geometrisch optimierte Kombination von Hohlräumen und Stegen oder durch eine zusätzliche Füllung der Hohlräume mit Perlit oder Mineralwolle erreicht. Bei verfüllten Ziegeln können die



1.1c geschnittene Rohlinge

Ziegelstege massiver ausgebildet werden. Das hat Vorteile hinsichtlich der Verarbeitung und Bruchanfälligkeit und führt teilweise zu besseren statisch-konstruktiven und schalldämmenden Eigenschaften.

Bei POROTON-P-Ziegeln besteht die Füllung aus 100 % natürlichem Vulkangestein. Durch Mahlen und kurzzeitiges Erhitzen des Perlits verdampft das gebundene Wasser bei 1.000 °C und bläht das Perlitkorn auf das 15- bis 20-fache seines ursprünglichen Volumens auf. POROTON-MW-Ziegel sind mit Mineralwolle verfüllt. Die Mineralwolle besteht überwiegend aus den natürlichen Gesteinen Diabas oder Basalt/Schlacke. Zu den mineralischen Substanzen kommen organische Stoffe wie Bindemittel und Mineralöl. Um die faserige Mineralwolle zu erhalten, werden Diabas/Basalt mittels Koks als Energieträger im Kupolofen bei ca. 1.400 bis 1.500 °C ge-

schmolzen und anschließend zerfasert. Die entstandenen Steinwollefasern werden mit einem wässrigen Bindemittel und einem Mineralöl zur Hydrophobierung benetzt. Damit der Dämmstoff seine Formstabilität erhält, muss das Bindemittel anschließend bei ca. 250 °C aushärten.

Traditionell werden gebrannte Blockziegel mit einer ca. 12 mm dicken Lagerfuge verarbeitet. Heutzutage werden in Deutschland überwiegend Planziegel eingesetzt. Dafür müssen Rohlinge an beiden Auflagerflächen zusätzlich millimetergenau geschliffen werden. Die Verarbeitung erfolgt



1.1d Formlingstransport

nun mit einem Dünnbettmörtel oder einem Dryfix PU-Kleber. Bei Verwendung des PU-Klebers ist eine noch höhere Oberflächengenauigkeit der oberen und unteren Ziegelflächen erforderlich.

Mit Planziegeln wird die Bauzeit um etwa 35 % verkürzt und die Menge des zu verwendenden Mörtels verringert sich um ca. 80 %.

Diese Vorteile werden mit Dryfix-Mauerwerk (siehe Abschnitt 1.4) weiter ausgebaut.

Nachdem die Ziegel geschliffen sind, werden sie verpackt und für den Versand vorbereitet. Die verpackten Ziegel können auf Paletten im Freien gelagert werden.

# 1. POROTON-Mauerwerk

## 1.3 Ziegelarten und Bauelemente

Unter dem Markennamen POROTON wird ein umfassendes Sortiment an Hintermauerziegeln für einen wirtschaftlichen Rohbau angeboten.

Zum Produktprogramm gehören neben Plan- und Blockziegeln auch zahlreiche Systemergänzungen und Bauelemente, wie beispielsweise Laibungs- und Eckziegel, Ziegel-Rolladenkästen, Ziegeldecken, Stürze und U-Schalen sowie Deckenrand- und Anschlagshalen. Egal, ob hochwärmedämmende Außenwände oder

schallsisolierende Innenwände, mit diesen Produkten kann das Haus vom Keller bis zum Dach in massiver Ziegelbauweise errichtet werden. Die große Stärke von POROTON-Ziegeln liegt in der Summe ihrer positiven Eigenschaften in allen baulichen Disziplinen. Das macht den POROTON-Ziegel zum leistungsstarken Zehnkämpfer unter den heutigen Wandbaustoffen.

Bei Außenwänden gibt es die Möglichkeit, unverfüllte oder verfüllte Ziegel zu verwenden. Mit beiden Ziegelarten werden gute

Dämmwerte erreicht. Die stärkeren Stege verfüllter Ziegel bieten Vorteile hinsichtlich der Robustheit und als Untergrund für Putze und Befestigungen. Verfüllte Ziegel erreichen im Vergleich zu unverfüllten Ziegeln eine bessere Schalldämmung. In Tabelle 1.1 sind die verfügbaren Produkte mit den entsprechenden Abmessungen zusammengestellt. Planziegel sind nicht genormt. Ihre Anwendung erfolgt nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

Tabelle 1.1: Übliche Steinformate

Produkt	Abmessungen L x B x H [cm]														
	24,8 x B x 24,9					30,8 x B x 24,9			37,3 x B x 24,9			49,8 x B x 24,9			
	B														
	24	30	36,5	42,5	49	11,5	17,5	24	11,5	17,5	24	30	11,5	17,5	24
DF-Format	8DF	10DF	12DF	14DF	16DF	5DF	7,5DF	10DF	6DF	9DF	12DF	15DF	8DF	12DF	16DF
T7-P / T7			•	•	•										
T7-MW / FZ7			•	•	•										
T8-P / T8		•	•	•	•										
T8-MW		•	•	•											
T9-P / T9			•												
S8-P / S8			•	•	•										
S8-MW / FZ8		•	•	•	•										
S9-P / S9		•	•	•											
S9-MW / FZ9		•	•	•											
S10-P / S10		•	•	•											
S10-MW / FZ10		•	•	•											
Plan-T8 / U8			•	•	•										
Plan-T9 / U9		•	•	•											
Plan-T10		•	•	•											
Plan-T12	•	•	•	•	•										
Plan-T14		•	•	•	•			•							
Plan-T16	•	•	•				•								
Plan-T18										•	•				
HLz-Plan-T 0,8/0,9									•	•	•		•	•	•
Planfüllziegel										•	•	•			
HLz-Plan-T 1,2									•	•	•				
HLz-Plan-T 1,4						•	•	•	•						

## 1.3.1 Ziegel für Außenwände

### **POROTON®-P und POROTON®-MW**

Seit 2001 werden perlitverfüllte Ziegel im Wohnungsbau eingesetzt. Im Jahr 2010 folgten die mineralwollverfüllten Ziegel. Bis heute wurden damit mehr als 60.000 Häuser gebaut und Wohnraum für über 100.000 Menschen geschaffen.

Zur einfachen Unterscheidung der Produkte gibt es einen Namenszusatz entsprechend der Füllung: POROTON-P (perlitverfüllt, vgl. Abbildung 1.2a) und POROTON-MW (verfüllt mit Mineralwolle, vgl. Abbildung 1.2b).



1.2a Ziegel mit Perlitfüllung



1.2b Ziegel mit Mineralwolle

**Zur einfachen und wirtschaftlichen Ausführung von Details und Anschlüssen wurden zahlreiche Systemergänzungen entwickelt.**

### **Höhenausgleichsziegel-T**

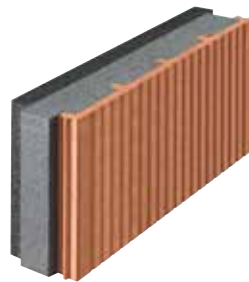
Die ideale Lösung zum Höhengleich und für Brüstungsbereiche (vgl. Abbildung 1.3a). Idealerweise wird der Höhengleichsziegel bereits in der ersten Schicht versetzt, mit der geschliffenen Seite nach oben.



1.3a Höhengleichsziegel-T

### **Deckenrandschale**

Ziegel-Deckenrandschalung aus einem Stück mit wandseitiger 75 mm Neopor-Dämmung für eine optimale Wärmedämmung und 30 mm Neopor-Trittschalldämmung zur Aufnahme von Deckenbewegungen und zur Verbesserung des Schallschutzes (vgl. Abbildung 1.3b). Die strukturierte Außenseite ermöglicht einen homogenen und einheitlichen Putzgrund.



1.3b DRS-Deckenrandschale

### **WU-Schale mit/ohne Anschlag**

Zur Ausbildung von Ringbalken, Ringankern und Installationsschächten sowie zur Sturzausbildung über großen Mauerwerksöffnungen (vgl. Abbildung 1.3c).



1.3c WU-Schale mit oder ohne Anschlag



# 1. POROTON-Mauerwerk

## 1.3.1 Ziegel für Außenwände

### Anschlagschale, wärmegegedämmt

Zur optimalen Erstellung eines wärmegegedämmten Fensteranschlages im einschaligen Planziegelmauerwerk (vgl. Abbildung 1.4a). Die massive Ziegel-U-Schale einschließlich hydrophobiertem Mineralwollkern optimiert Wärmebrücken und erfüllt die Anforderungen nach DIN 4108 Beiblatt 2. Darüber hinaus sorgt die Anschlagschale für eine bessere Halterung des Fensters.

### Ziegel-Rolladenkasten/Ziegel-Jalousiekasten

Die Ziegelkästen sind wärmegegedämmt, selbsttragend (mit geringen Auflasten) und bieten einen einheitlichen Putzgrund. Sie sind raumseitig geschlossen und auch als Sonderanfertigung mit Eckkasten erhältlich.

### Ziegel- und Normstürze, Wärmedämmstürze

Für das schnelle und sichere Überbrücken von Wandöffnungen oder als Wärmedämmsturz zur Minimierung von Wärmebrücken (vgl. Abbildung 1.4b).



1.4a Anschlagschale, wärmegegedämmt



1.4b Ziegel- und Normstürze

## 1.3.2 Ziegel für Innenwände

Bei hohen Lasten und üblichen Schallschutzanforderungen wird als Standard der HLz-Plan-T in der Rohdichteklasse 0,9 eingebaut. Höhere statische und schallschutztechnische Anforderungen erfüllt der HLz-Plan-T in der Rohdichteklasse 1,2 bzw. 1,4. Besonders hohe Schallschutzanforderungen bei Wohnungstrennwänden oder Treppenhausbereichen werden vom PFZ-T-System problemlos erfüllt.

Der PFZ-T verbindet hohen Schallschutz mit den Vorteilen des Planziegel-Systems. Die Verarbeitung erfolgt im bewährten Planziegel-System mit anschließender geschosshoher Betonverfüllung schnell und wirtschaftlich.

Zuerst wird die Schallschutzwand geschosshoch im Planziegelverfahren mit Dünnbettmörtel versetzt. Dann wird die gesamte Wand in einem Arbeitsgang geschosshoch mit Beton ( $\geq C12/15$ ) verfüllt. Optimal ist die Verfüllung der PFZ-T-Wand zusammen mit dem Betonieren der aufliegenden Decke.



1.5a Planfüllziegel



1.5b Hochlochziegel



## 1.4 Dünnbettmörtel und Dryfix System

Für eine wirtschaftliche Verarbeitung und um optimierte technische Eigenschaften der Mauerwerkswand zu erreichen, hat sich für die Ausführung der horizontalen Lagerfuge das Dünnbettverfahren etabliert.



### 1.4.1 Dünnbettmörtel

Für die Verarbeitung von Dünnbettmörtel gibt es verschiedene Anwendungen. Zum einen kann bei allen unverfüllten Produkten das Tauchverfahren zum Einsatz kommen. Hierbei bleibt der mit etwa 30% mehr Wasser hergestellte Dünnbettmörtel nur an den Ziegelstegen haften, der Auftrag ist somit nicht vollflächig deckend.

Zum anderen gibt es die Möglichkeit, auf die Ziegel vollflächig deckelnd (VD) den Mörtel mit der speziellen VD-Mörtelrolle aufzutragen. Dies kann sowohl bei dämmstoffverfüllten als auch bei unverfüllten Planziegeln erfolgen.

Die Ziegeloberflächen müssen sauber und möglichst staubfrei sein. Außerdem darf der Dünnbettmörtel nicht unter +5°C verarbeitet werden, also auch nicht auf gefrorenem Untergrund oder mit gefrorenen Ziegeln.

Alle unverfüllten Ziegelsorten können gemäß Zulassung im Tauchverfahren vermauert werden. Hier wird Frischmörtel in eine für das Planziegeltauchverfahren geeignete Mörtelwanne gefüllt. Planziegel werden mit der unteren Lochseite leicht in den Dünnbettmörtel getaucht (bis max. 5 mm) und sofort versetzt. Alle Ziegelstege müssen mit genügend Mörtel behaftet sein, sodass nach dem anschließenden Aufsetzen des Ziegels auf das bestehende Mauerwerk eine Verkrallung des Dünnbettmörtels mit den Ziegeln gewährleistet ist.

Das VD-Verfahren mit einem speziellen Deckelmörtelauftragsgerät erhöht die Verarbeitungssicherheit und spart beim Bauen etwa 35% Bearbeitungszeit gegenüber der herkömmlichen Blockziegelbauweise (vgl. Abbildung 1.6a-d). Darüber hinaus



1.6a Befüllen der VD-Mörtelrolle



1.6b Auftragen des deckelnden Dünnbettmörtels mit der VD-Rolle



1.6c Einfüllen in die V.Plus-Mörtelrolle



1.6d Auftragen des deckelnden Dünnbettmörtels mit dem V.Plus-Verfahren

spart man ca. 80% Mörtel und reduziert damit natürlich auch die mörtelbedingte Baufeuchte. Schallschutz, Winddichtheit und Wärmedämmung werden optimiert. Die Lagerfugen der Ziegel werden wie beim herkömmlichen Mörtel schichtweise durch die Dünnbettmörtelschicht vollflächig geschlossen.

Durch die speziell dafür entwickelte VD-Mörtelrolle wird der Dünnbettmörtel ganz einfach und ohne Zusatzmaterialien im Mörtel vollflächig – wie ein Deckel – auf die Lagerflächen der Ziegel aufgetragen.

Alternativ zum VD-Verfahren kann der Dünnbettmörtel auch mit dem V.Plus-Verfahren verarbeitet werden (siehe Bild 1.6c/1.6d). Mit einer speziell entwickelten V.Plus-Mörtelrolle wird eine vollflächig geschlossene Dünnbettmörtelschicht gleichmäßig auf die Lagerfugen des Ziegelmauerwerks aufgebracht. Für jede Wanddicke ist eine gesonderte Mörtelrolle mit der entsprechenden Breite zu verwenden. Das V.Plus-Verfahren sorgt für einen gleichmäßigen, homogenen und ausreichenden Mörtelauftrag.

# 1. POROTON-Mauerwerk

## 1.4.2 POROTON Dryfix System

In der aktuellsten Entwicklungsstufe wird POROTON-Mauerwerk mit einem PU-Klebstoff vermauert. Für das POROTON Dryfix System wurden die Ebenheitsanforderungen an die geschliffenen Ziegelflächen nochmals erhöht. Die Verarbeitung ist einfach und spart bis zu 50 % an Arbeitszeit gegenüber dem traditionellen Blockziegel-Mauerwerk. Zudem ist das System ganzjährig anwendbar, auch im Winter bei bis zu  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Durch die einfache Verarbeitung entfallen Transport, Aufbereitung und Lagerung des Mörtels sowie die Gerätereinigung (vgl. Abbildung 1.7). Somit ist das Dryfix-System ressourcenschonend. Um das zugelassene System sicher anwenden zu können, sind die Regelungen der Zulassung genau zu beachten.



1.7 Arbeiten mit dem POROTON Dryfix System

## 1.5 Mauerwerk mit POROTON-Produkten

Bei bauaufsichtlich zugelassenen Produkten ist die Zulassung für den statischen Nachweis grundsätzlich zu beachten. Es gilt die DIN EN 1996, wenn in der Zulassung keine abweichende Regelung festgelegt ist. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen ermöglichen es, innovative Produkte anzuwenden, für die keine Normen existieren.

Allerdings beziehen sich die Zulassungen üblicherweise in den wesentlichen Teilen auf Konstruktions- und Bemessungsregeln der entsprechenden Normen. Das ist für Mauerwerk im Regelfall die DIN EN 1996. In vielen Fällen enthalten Produktzulassungen aber auch Regelungen, die über die normativen Festlegungen hinausgehen

oder von diesen abweichen. Für POROTON-Produkte werden die wichtigsten Abweichungen zur DIN EN 1996 im Abschnitt 5 dieser Broschüre zusammengestellt. Der Ingenieur ist aber in allen Fällen gut beraten, wenn er sich umfassend mit der entsprechenden Produktzulassung vertraut macht.

Tabelle 1.2: Überblick der wichtigsten Eigenschaften von POROTON-Mauerwerk mit Dünnbettmörtel-Lagerfuge (Planziegel)

	Produkt Zulassung DIBt	Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	Rohdichte- klasse [kg/dm <sup>3</sup> ]	Druckfestigkeits- klasse	charakteristische Mauerwerksdruck- festigkeit $f_k$ [MN/m <sup>2</sup> ]	zugelassen für Erdbebenzonen 0 – 3 ● 0 – 1 ○
Ziegel mit integrierter Wärmedämmung	<b>T7-P</b> Z-17.1-1103	0,07	0,55	6	1,9	●
	<b>T7</b> Z-17.1-1057	0,07	0,60	≥4/6	1,3/1,8	●
	<b>T7-MW / FZ7</b> Z-17.1-1060	0,07	0,55	6	1,7	●
	<b>T8-P / T8</b> Z-17.1-982	0,08	0,60	≥ 6	1,8	●
	<b>T8-MW</b> Z-17.1-1041	0,08	0,65	6	2,1	●
	<b>T9-P / T9</b> Z-17.1-674	0,09	0,65	≥ 6	1,8	●
	<b>S8-P / S8</b> Z-17.1-1120	0,08	0,75	10	3,0	●
	<b>S8-MW / FZ8</b> Z-17.1-1104	0,08	0,75	10	3,0	●
	<b>S9-P / S9</b> Z-17.1-1058	0,09	0,70/0,75	8/10	3,1/3,6	●
	<b>S9-MV</b> Z-17.1-1153	0,09	0,85	12	5,3	●
	<b>S9-MW / FZ9</b> Z-17.1-1100	0,09	0,90	10	4,2	●
	<b>S10-P / S10</b> Z-17.1-1017	0,10	0,75	10	3,6	●
	<b>S10-MW</b> Z-17.1-1101	0,10	0,80	12	5,2	●
<b>FZ10</b> Z-17.1-1034	0,10	0,75	8/10	3,1/3,6	●	
Hochlochziegel unverfüllt	<b>Plan-T8 / U8</b> Z-17.1-1085	0,08	0,60	6	1,4	●
	<b>Plan-T9 / U9</b> Z-17.1-890	0,09	0,65	6/8	1,4/1,8	●
	<b>Plan-T10</b> Z-17.1-889	0,10	0,65	6/8	1,8/2,3	●
	<b>Plan-T10</b> Z-17.1-890	0,10	0,70	12	2,6	●
	<b>Plan-T12</b> Z-17.1-877	0,12	0,65	6/8/10	1,8/2,1/2,6	●
	<b>Plan-T14</b> Z-17.1-625	0,14	0,70	6	3,1	●
	<b>Plan-T14 /-T16</b> Z-17.1-651	0,14/0,16	0,70/0,75	8/12	3,1/3,9	●
	<b>Plan-T16</b> Z-17.1-490	0,16	0,80	8/12	3,7/4,7	○
	<b>Plan-T18</b> Z-17.1-678	0,18	0,80	8	3,7	○
<b>HLz-Plan-T</b> Z-17.1-868	0,39/0,42/0,45 0,50/0,58	0,80/0,90/1,0/ 1,20/1,40	8/12/20	3,7/4,7/6,3	●	
<b>HLz-Plan-T</b> Z-17.1-1108	0,50/0,58	1,20/1,40	20	8,5	●	
<b>HLz-Plan-T</b> Z-17.1-1141	0,58	1,40	20	10,2	●	
<b>Planfüllziegel</b> Z-17.1-537	-	2,0* <sup>1)</sup>	8/12	4,4/5,8	●	

\*<sup>1)</sup> Rohdichteklasse verfüllt mit Beton ≥ C20/25, Körnung 0-16 mm.

# 1. POROTON-Mauerwerk

Tabelle 1.3: Überblick der wichtigsten Eigenschaften aus der jeweiligen Zulassung für Ziegel mit Dryfix

Bezeichnung Wienerberger/ Schlagmann Zulassung DIBt	Wärmeleitfähig- keit [K]	Rohdichteklasse [kg/dm <sup>3</sup> ]	Druckfestigkeits- klasse	charakteristische Mauerwerks- druckfestigkeit $f_k$ [MN/m <sup>2</sup> ]	mittlere Stein- druckfestigkeit $f_{st}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	zugelassen für Erdbebenzonen 0 – 3 ● 0 – 1 ○
<b>T7-MW Dryfix</b> Z-17.1-1093	0,07	0,55	6	1,1 <sup>1)</sup>	7,5	○
<b>T8-MW Dryfix</b> Z-17.1-1092	0,08	0,65	6	1,5 <sup>1)</sup>	7,5	○
<b>Plan-T10 Dryfix</b> Z-17.1-1088	0,10	0,65	6/8	1,1 <sup>1)</sup> /1,3 <sup>1)</sup>	7,5/10,0	○
<b>Plan-T18 Dryfix</b> Z-17.1-1094	0,18	0,8	12	3,1 <sup>1)</sup>	15,0	○
<b>HLz-Plan-T Dryfix</b> Z-17.1-1090	0,39/0,42/0,50	0,8/0,9/1,2	8/12/20	2,3 <sup>1)</sup> / 3,1 <sup>1)</sup> /4,2 <sup>1)</sup>	10,0/15,0/25,0	○
<b>PFZ-T Dryfix</b> Z-17.1-1091	-	2,0 Rohdichteklasse verfüllt mit Beton ≥ C12/15, Kör- nung 0-16	12	5,8 <sup>1)</sup>	15,0	○

<sup>1)</sup> Dieser Wert ist bei der Bemessung mit einem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M = 1,8$  abzumindern.

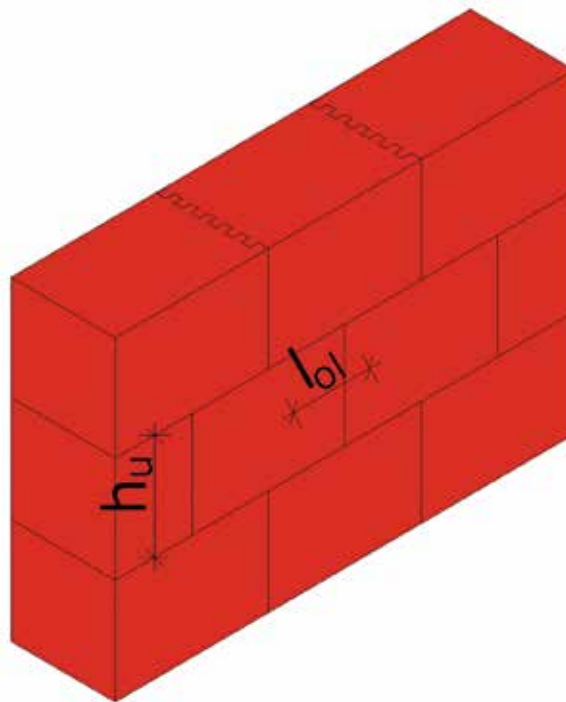
Ein wesentliches Charakteristikum gemauerter Wände ist der Mauerwerksverband. Ein ausreichendes Überbindemaß ist die wichtigste Voraussetzung dafür, dass Ziegel die Lasten im Verband abtragen (siehe Abbildung 1.8). Das Überbindemaß  $l_{ol}$  wird auf die Steinhöhe  $h_u$  bezogen.

Die allgemeine – seit über 100 Jahren gebräuchliche – Regelung definiert das erforderliche Überbindemaß mit dem 0,4-fachen der Steinhöhe bzw. 45 mm. Der größere dieser beiden Werte ist maßgebend:

$$l_{ol} \geq \max \{0,4 \cdot h_u; 45 \text{ mm}\}$$

Bei der Bauausführung kommen immer wieder Abweichungen von diesen Anforderungen vor. Diese Abweichungen sind in jedem Einzelfall zu bewerten.

Besonders wichtig ist die Einhaltung des Überbindemaßes bei Wänden mit hoher Schubbeanspruchung und bei Kellerwänden. In Wänden, die Tragreserven aufweisen, sind geringfügige Abweichungen beim Überbindemaß hinsichtlich der Standsicherheit und der Rissicherheit ohne nennenswerten Einfluss.



1.8 Definition des Überbindemaßes



## 1.6 Umweltaspekte

Verfüllte POROTON-Ziegel werden komplett mit regenerativer Energie aus Wasserkraft und Solaranlagen produziert. Der TÜV prüft die Richtigkeit dieser Angaben bei den Stromlieferanten Jahr für Jahr. Damit wird Umweltschutz nachprüfbar und nachhaltig umgesetzt.

Die Steine, aus den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde gefertigt, sind frei von schädlichen Inhaltsstoffen. Mit der innovativen Füllung erweisen sich die Markenprodukte als baubiologisch und ökologisch zu 100 Prozent bestens bewertet. Durch unterseeische Vulkantätigkeit ent-

standen, ist Perlit ein reines Naturerzeugnis. Die Ziegel beinhalten keinerlei Giftstoffe und sind frei von Formaldehyd, Weichmachern sowie Schwermetallen und Bioziden. Sie lösen daher keine gesundheitsbedenklichen Allergien aus und sind nicht anfällig für Fäulnis und Ungezieferbefall. Darüber hinaus geben POROTON-Ziegel keinerlei schädliche Ausdünstungen oder Ausgasungen ab – für ein angenehmes Wohngefühl ist das unverzichtbar.

Aus ökologischer Sicht ist insbesondere der Wärmeschutz des Außenmauerwerks

von großem Interesse, da durch einen optimalen Wärmeschutz (d.h. niedriger U-Wert + hohe Wärmespeicherfähigkeit) der Heizenergiebedarf minimiert wird und damit einhergehend auch der Verbrauch wertvoller Energieressourcen sowie die Emission von Schadstoffen.

Selbstverständlich sind noch viele weitere Aspekte zu berücksichtigen, wenn man eine ganzheitliche ökologische Bewertung des Lebenszyklus des Baustoffes Ziegel durchführen will. Beispielhaft seien hier angeführt:

### Verarbeitung – Errichtung von Bauten

- rasche Bauweise durch Planziegel-Technologie
- keine Schadstoffemission bei der Verarbeitung
- geringe Lärmbelästigung bei der Verarbeitung
- vergleichsweise geringe ergonomische Beanspruchung der Verarbeiter
- keine problematischen Baustoffabfälle

### Recycling

- hoher wiederverwertbarer Anteil am Gesamtabbruchmaterial (Straßenbau)
- geringer Energieaufwand

### Erhaltung – Renovierung – Sanierung

- Langlebigkeit
- hohe Substanzwerte von Bauten aus POROTON-Ziegelmauerwerk
- geringer Materialaufwand
- geringer Schwierigkeitsgrad

### Transporte

- lokale Ziegelproduktion an zahlreichen POROTON-Standorten
- Rohstoffabbau und Produktion räumlich gekoppelt
- niedriger Energiebedarf und Schadstoffausstoß aufgrund kurzer Transportwege

### Abbruch

- (nach mehr als 100 Jahren Nutzungsdauer)
- vergleichsweise geringer Energieaufwand
  - geringe Kosten der Deponierung
  - kein Sondermüll
  - keine Abgabe von Schadstoffen an den Untergrund

# 1. POROTON-Mauerwerk

## 1.7 Qualitätssicherung

Zur Sicherstellung der hohen Qualität der POROTON-Produkte werden laufend interne und externe Prüfungen an Rohstoffen und Produkten durchgeführt. Auch die Prozesse der Aufbereitung, der Formgebung, des Trocknens und des Brennens werden ständig überwacht.

### Eigenüberwachung

Schon während die Tonschichten als Rohstoff abgebaut werden, untersucht man sie mit Lasertechnik und stellt sie zu idealen Betriebsmassen zusammen. Im Herstellungsprozess folgen laufend weitere Kontrollen der Maßhaltigkeit und Rohdichte:

erst an den frisch gepressten Rohlingen, später auch an den getrockneten sowie an den gebrannten Ziegeln.

In täglichen Stichproben ermitteln Qualitätsprüfer in den Produktionsstätten zusätzlich die Rohdichte, die Maßhaltigkeit, die Druckfestigkeit, die Wasseraufnahme und den Lochanteil der Ziegel.

### Fremdüberwachung

POROTON macht die hohe Qualität der Produkte transparent und nachvollziehbar. Deshalb werden regelmäßig Ziegel aus der Produktion entnommen und von externen Instituten kontrolliert.

Dabei wird eng mit renommierten Laboren und Universitäten zusammengearbeitet, um dem Anspruch auf qualitativ einwandfreie und gesunde Produkte gerecht zu werden. Zu den externen Prüfstellen zählen vor allem die Überwachungs- und Zertifizierungsstelle Güteschutz Ziegel, das eco-Institut, das Institut für Baubiologie Rosenheim (IBR) und das Institut Bauen und Umwelt (IBU). Die Spezialisten kontrollieren regelmäßig die statischen, wärme- und schalltechnischen Eigenschaften, umwelt- und gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe sowie das Brandverhalten.

Durch das eco-Prüfsiegel (vgl. Abbildung 1.9a) und die Auszeichnung „Empfohlen vom IBR“ (vgl. Abbildung 1.9b), werden Materialien gekennzeichnet, die auf gesundheitliche Unbedenklichkeit geprüft und umweltschonend erzeugt wurden. Die strenge ökologische Analyse am eco-Institut bestätigte: Verfüllte POROTON-Ziegel sind gesundheitlich einwandfrei. Umfangreich untersucht wurden die Produkte auf gefährdende Inhaltsstoffe und Emissionen wie flüchtige organische Stoffe (VOC), Formaldehyd oder Weichmacher (Phthalate). Bewertungsgrundlage waren die Prüfkriterien des eco-Labels „Mineralische Bauprodukte“. Die Ergebnisse belegen, dass die festgelegten Grenzwerte unterschritten wurden.

Die vom IBU (vgl. Abbildung 1.9c) nach internationalen Normen erteilte Umwelt-Produktdeklaration (Environmental Product Declaration (EPD)) macht Aussagen zum Energie- und Ressourceneinsatz und in welchem Ausmaß ein Produkt zu Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung, Zerstörung der Ozonschicht und Smogbildung beiträgt. Außerdem werden Angaben zu technischen Eigenschaften gemacht, die für die Einschätzung des Verhaltens des Bauproduktes im Gebäude benötigt werden, dazu gehören u.a. die Lebensdauer, die Wärme- und Schallisolierung sowie der Einfluss auf die Qualität der Innenraumluft. Natürlich stimmen die POROTON-Produkte sowohl mit harmonisierten europäischen Normen (CE-Konformitätszeichen nach Bauregelliste B) als auch mit nationalen technischen Baubestimmungen (Ü-Zeichen nach Bauregelliste A) überein (vgl. Abbildung 1.9d).



1.9a eco-Institut-Label



1.9b IBR Prüfsiegel



Institut Bauen und Umwelt e.V.

1.9c IBU Umwelt-Produktdeklaration



1.9d CE-Konformitätskennzeichnung und Ü-Zeichen

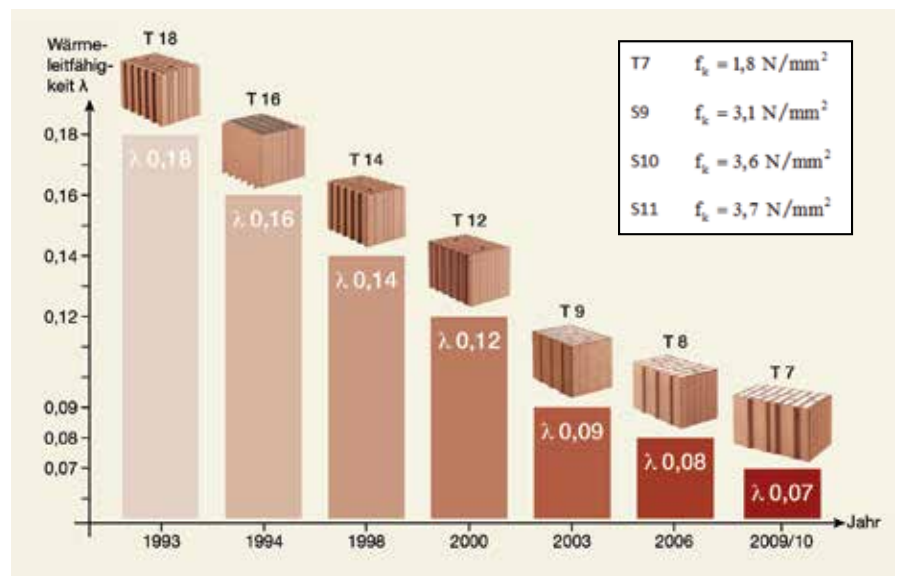
## 2. Tragwerksentwurf

Die Konstruktionsgeschichte des Mauerwerksbaus beginnt, als die ersten Menschen sesshaft werden, mit dem Aufschichten von Feldsteinen und luftgetrockneten Lehmsteinen zum Schutz vor Feinden und vor der Witterung. Sie setzt sich mit Repräsentationsbauten, Industriebauten, Verkehrsbauwerken sowie Bauten für die Wasserversorgung von der Antike (Abbildung 2.1) bis ins 20. Jahrhundert fort. Die Tatsache, dass fünf der sieben Weltwunder Mauerwerksbauten sind, belegt eindrucksvoll die Bedeutung des Mauerwerksbaus in der Baugeschichte.



2.1 Pont du Gard, Nîmes (ca. 50 n. Chr.)

Mit der Entwicklung der Stahlbetonbauweise wurde das Mauerwerk aus vielen Anwendungsbereichen verdrängt. Das gilt vor allem für Infrastrukturbauten. Im Wohnungsbau allerdings behauptet der Mauerwerksbau nach wie vor seine Vormachtstellung. Dazu hat die Entwicklung von Steinen und Ziegeln mit geringer Wärmeleitfähigkeit sowie großformatiger Bauteile erheblich beigetragen. In den vergangenen Jahren war die Entwicklung von Ziegelprodukten ganz wesentlich geprägt von den Anforderungen an die Wärmedämmung bei Außenwänden. Verfüllte und unverfüllte Ziegelprodukte, die heute zur Verfügung stehen, erfüllen diese Anforderungen ganz hervorragend. In diesem Zusammenhang ist die physikalische Tatsache, dass verbesserte Dämmeigenschaften eines Werkstoffs mit geringerer Dichte und damit mit geringerer Festigkeit verknüpft sind, von Bedeutung (Abbildung 2.2).



2.2 Leichthochlochziegel – Wärmeleitfähigkeit und charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit im Vergleich

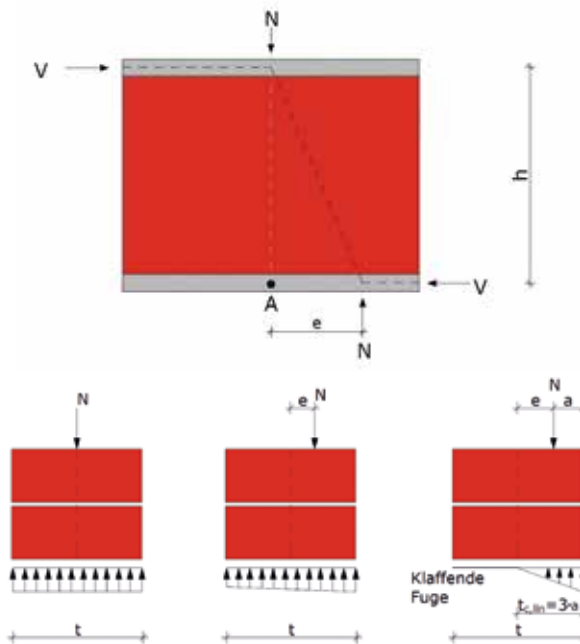
### Drei Grundsätze für ein mauerwerksgerechtes Tragwerkskonzept lassen sich formulieren:

- ein möglichst gleichmäßiger Lastfluss
- horizontale Verformungen möglichst zwängungsfrei zulassen
- vertikale Verformungen auf ein unschädliches Maß begrenzen.

# 2. Tragwerksentwurf

## 2.1 Lastfluss

Es ist eine wohlbekannte und fast schon triviale Tatsache, dass Mauerwerk aufgrund der vorgegebenen Fugenstruktur nur sehr geringe Zugkräfte aufnehmen kann, die bei der Berechnung üblicherweise nicht angesetzt werden. Daher sollten Bauteile aus Mauerwerk vorwiegend auf zentrischen oder exzentrischen Druck beansprucht werden, wobei die Resultierende dabei im Querschnitt verbleiben muss. Zum Abtrag von auftretenden Biegemomenten aus Wind- und Erddruckbelastung, exzentrisch eingetragenen Vertikallasten und aus der Verdrehung der Decken, sind in der Regel rückstellende Normalkräfte in den Wandscheiben bzw. Wandquerschnitten erforderlich (Abbildung 2.3). Somit kommt dem vertikalen Lastabtrag die entscheidende Rolle zu, wenn es um die Optimierung des Lastflusses geht.



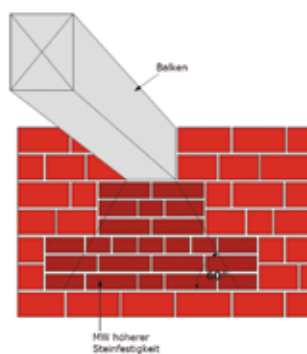
2.3 Lastabtrag Wandscheibe (oben) und Wandquerschnitt (unten)

Ein mauerwerksgerechter Entwurf sollte daher immer anstreben, vertikale Lasten möglichst gleichmäßig und über alle Geschosse durchgängig, ohne große Versprünge einzelner Wandscheiben, in den Baugrund zu leiten, um planmäßige Exzentrizitäten möglichst gering zu halten. Überträgt man dieses Konzept auf den modernen Wohnungsbau, so stellt sich die Herausforderung, tragende Wände so anzuordnen, dass einerseits offene, flexibel nutzbare Grundrisse ermöglicht werden und gleichzeitig eine ausgewogene Verteilung der vertikalen Lasten auf die tragenden

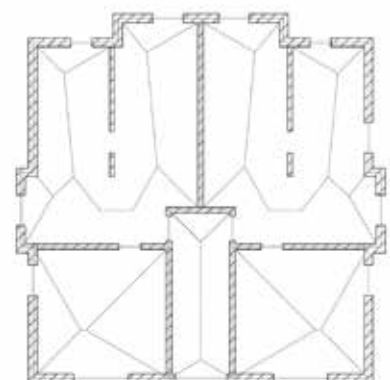
den Wände erreicht wird. Die Zielsetzung in diesem Zusammenhang sollte immer sein, die Tragfähigkeit des Mauerwerks möglichst gut zu nutzen und Stahlbetonelemente im Wandbereich, die sowohl das konstruktive Gefüge als auch den Bauablauf stören, zu vermeiden. Die Druckfestigkeit von Mauerwerk ist im Allgemeinen auch für die Realisierung von mehrgeschossigen Gebäuden ausreichend. Allerdings sollten Teilflächenbelastungen, die aus großen Einzellasten, wie zum Beispiel Unterzügen oder Stützen resultieren, vermieden werden.

Unmittelbar unter den konzentrierten Lasten stellt sich eine Druckverteilung unter 60 Grad ein. Aufgrund der geringen Übertragungsfläche im Bereich der Lasteinleitung treten erheblich größere Druckspannungen auf. Es gibt daher die Möglichkeit, diese Bereiche mit höherer Steifigkeitsklasse auszubilden oder lastverteilende Stahlbetonpolster anzuordnen. Die aus der Umlenkung resultierenden, horizontalen Kräfte (Spaltzugkräfte) sind durch eine ausreichende Überdeckung des Mauerwerksverbands aufzunehmen (Abbildung 2.4).

Die Beanspruchung einzelner Wandscheiben durch vertikale Lasten lässt sich über Lastezugsflächen (vgl. Kapitel 5.3.2) einfach und schnell ermitteln. In gewöhnlichen Wohnungs- und Bürogebäuden können die veränderlichen Lasten nach DIN EN 1991-1 als gleichzeitig auf einer Decke wirkend (d.h., die gleiche Last auf allen Feldern oder keine Last, wenn dies maßgebend ist) angesehen werden. Setzt man das Prinzip der Lastezugsflächen konsequent um, wird ersichtlich, dass sich eine offene Grundrissgestaltung und ein gleichmäßiger Lastabtrag keinesfalls ausschließen (Abbildung 2.5).



2.4 Lastabtrag bei Teilflächenbelastung



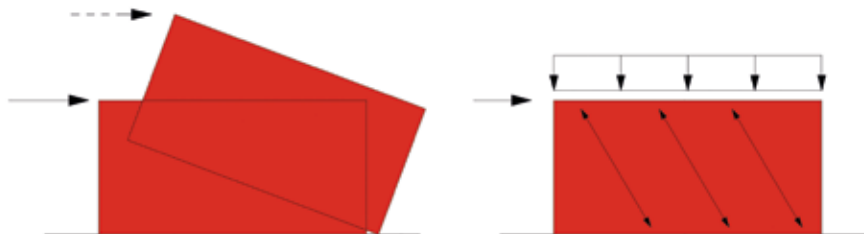
2.5 Lastezugsflächen für tragende Wände



## 2.2 Aussteifung

Ein positiver Nebeneffekt des gleichmäßigen Lastabtrages ergibt sich für die Gebäudeaussteifung. So lässt sich die Tragfähigkeit aussteifender Wände gegenüber horizontalen Lasten am besten ausnutzen, wenn eine moderate vertikale Beanspruchung vorliegt. Auch die Schubtragfähigkeit bzw. die Druckstrebenneigung hängt von der Auflast ab, da Kräfte rechnerisch nur im überdrückten Querschnittsbereich übertragen werden können. Je größer die einwirkende Vertikallast, desto steiler geneigt sind die Druckstreben, und folglich kann eine höhere horizontale Beanspruchung aufgenommen werden (Abbildung 2.6).

Zur Aussteifung eines Gebäudes sind mindestens drei Wandscheiben erforderlich, deren Wirkungslinien sich nicht in einem Punkt schneiden dürfen und die nicht alle parallel angeordnet sind. Dazu kommt eine schubsteife Deckenscheibe oder ein statisch nachgewiesener Ringbalken (vgl. Kapitel 5.3.4).



2.6 Einfluss der Auflast bei horizontaler Beanspruchung

Lage und Richtung der Wandscheiben sollten so gewählt werden, dass die Verdrehung des Gebäudes um den Schubmittelpunkt gering bleibt. Ferner sollten Wandscheiben derart angeordnet werden, dass Zwangsbeanspruchungen der Geschossdecken vermieden werden. Wandscheiben werden nur für Lasten

angesetzt, die in Richtung ihrer starken Achse wirken, da ihre Biegesteifigkeit bei der Bemessung um die schwache Achse vernachlässigt werden kann. Stützen werden aufgrund ihrer geringen Biegesteifigkeit ebenfalls nicht zur Aussteifung herangezogen. Diese Annahmen liegen auf der „sicheren Seite“.

## 2.3 Horizontale Verformungen zwischen Decke und Wand

Ziegelmauerwerk und Stahlbeton weisen Unterschiede beim Verformungsverhalten auf, die man nicht vernachlässigen kann. Bei den Schwindverformungen, die

letztendlich durch den über lange Zeit anhaltenden Austrocknungsprozess des Stahlbetons bedingt sind, lässt sich dieser Unterschied gut nachvollziehen, da die

Ziegel durch den Brennprozess absolut trocken sind. Tabelle 2.1 dokumentiert die wesentlichen Kennwerte in diesem Zusammenhang.

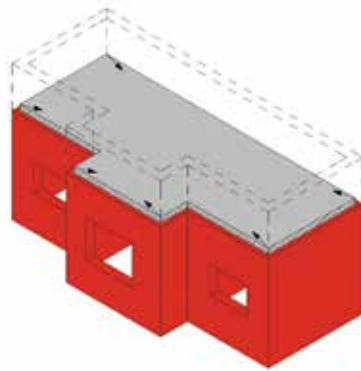
Tabelle 2.1: Verformungskennwerte von POROTON-Mauerwerk und Stahlbetondecken im Vergleich

Werkstoff	Rechenwert für das Endschwindmaß mm/m	Wärmeausdehnungskoeffizient $\alpha_t$ $10^{-6}/K$	Elastizitätsmodul $E^a$ N/mm <sup>2</sup>
Ziegel	0	4 bis 8	950 bis 1.300 $f_k$
Stahlbetondecken C20/25	ca. -0,5	10	$22 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3}$

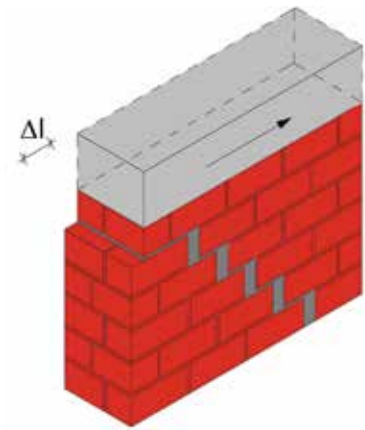
<sup>a</sup> Sekantenmodul aus Gesamtdehnung bei etwa 1/3 der Mauerwerksdruckfestigkeit bzw. 40% der mittleren Betondruckfestigkeit  
 $f_k$  charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit  
 $f_{cm}$  Mittelwert Zylinderdruckfestigkeit des Betons

## 2. Tragwerksentwurf

Bei typischen Grundrissen im Wohnungsbau ergibt sich eine Verkürzung der Stahlbetondecke gegenüber den Mauerwerkswänden, die einige Millimeter betragen kann. Diese Verformungen gilt es so zu beherrschen, dass sie sich nicht unkontrolliert von der Decke auf das Mauerwerk übertragen (Abbildung 2.7a und 2.7b).



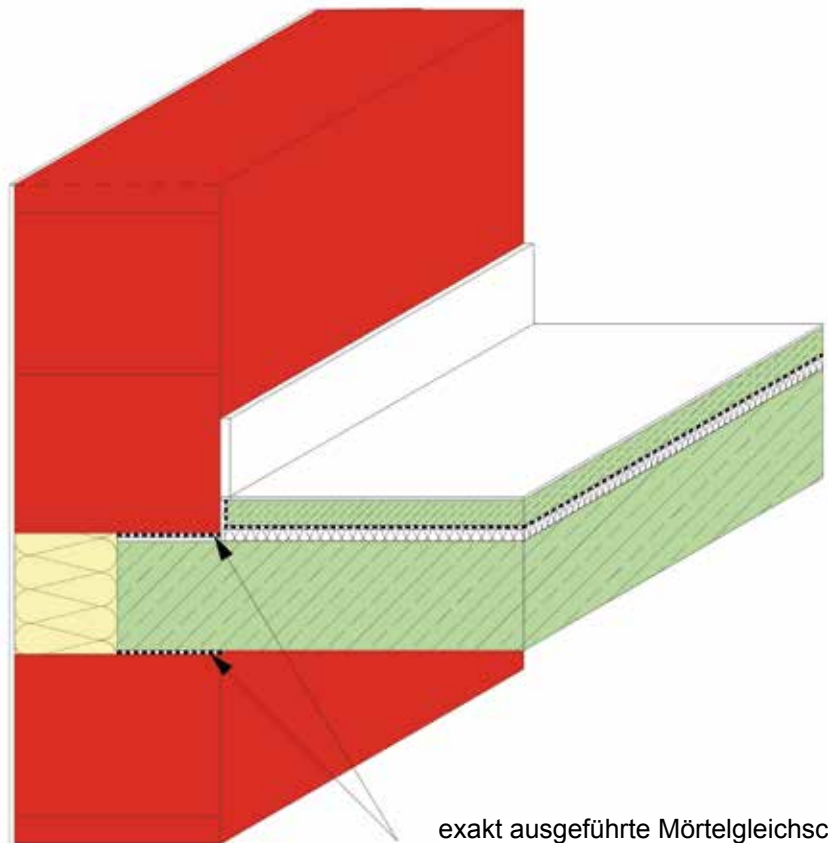
2.7a unbehinderte Schwindverformungen zwischen Stahlbetondecke und Mauerwerk



2.7b mögliche Rissbildung bei nicht vorhandener Trennlage zwischen Decke und Wand

### Dazu sind folgende Maßnahmen geeignet:

- Definition der Auflagerbereiche zwischen Decke und Wand als durchgehende horizontale Ebene
- keine Verzahnung zwischen Decke und Wand, keine Fensterstürze als Plattenbalken
- besandete Bitumendachbahnen oder eine sorgfältig ausgeführte Mörtelabgleichschicht zwischen Wand und Decke an der Unterkante und der Oberkante der Decke (Abbildung 2.8).



exakt ausgeführte Mörtelgleichschicht  
oder besandete Bitumendachbahn  
R500

2.8 Deckenaufleger mit Trennfugen

## 2.4 Vertikale Verformungen begrenzen

Aufgrund der fehlenden Zugfestigkeit in der Lagerfuge von Mauerwerk müssen vertikale Verformungen, die zu Rissen führen können und somit die Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion beeinträchtigen, vermieden werden.

Dies betrifft insbesondere

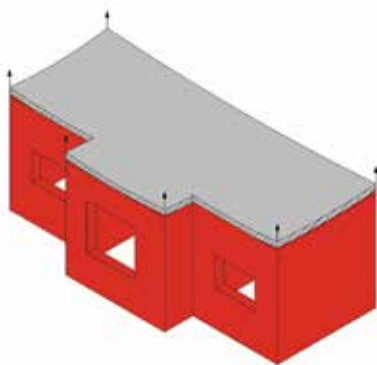
- die Konstruktion der obersten Decke und
- die Konzeption von Abfangungen.

Eine rechteckige Stahlbetondecke weist aufgrund ihrer Drillsteifigkeit in den Eckbereichen vertikale Verformungen auf, die

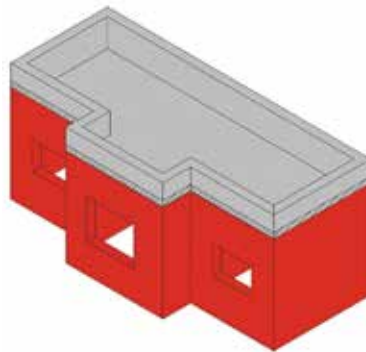
nach oben gerichtet sind. Sind in diesen Bereichen Wände mit ausreichend vertikaler Auflast vorhanden, die die abhebenden Kräfte überdrücken, dann ergeben sich in den Eckbereichen Drillmomente, die durch eine obere Bewehrung aufgenommen werden und das Tragverhalten der Platte positiv beeinflussen. Bei der obersten Decke fehlen diese Auflasten, sodass einem Abheben der Decke nichts entgegensteht, sofern keine konstruktiven Maßnahmen ergriffen werden. Um Risse in diesem Be-

reich, die sich unweigerlich auch im Putz abzeichnen würden, zu vermeiden, gibt es zwei konstruktiv relativ einfach umsetzbare Maßnahmen:

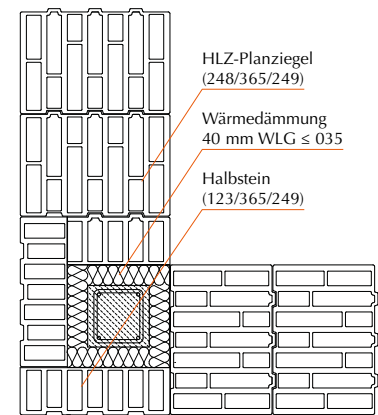
- Ausführung der für den Anschluss der Dachabdichtung erforderlichen Attika als umlaufender Stahlbetonüberzug oder
  - Verankerung der Decke in den Eckbereichen in das darunterliegende Geschoss.
- Die Abbildungen 2.9b und 2.9c veranschaulichen diese beiden Lösungsmöglichkeiten.



2.9a abhebende Ecken bei drillsteifer Platte



2.9b Versteifung des Deckenrandes durch die Attika



2.9c Stahlbeton-Zugsäule im Eckbereich

Wenn z.B. im Erdgeschoss eines mehrgeschossigen Gebäudes tragende Wände durch Unterzüge abgefangen werden sollen, so sind besondere Überlegungen erforderlich. Pauschale Angaben zur Beschränkung der Durchbiegung im Sinne von  $l/300$  sind

hier in vielen Fällen nicht ausreichend, um die Verträglichkeit der Verformung zwischen tragender Wand und Abfangkonstruktion sicherzustellen. Für die Abfangung tragender Mauerwerkswände ohne störende Risse braucht es ausreichend steife Bauteile.

Das Zusammenwirken eines Stahlbetonunterzuges mit den darüber angeordneten Wandscheiben ist vergleichsweise komplex. Vor diesem Hintergrund können keine allgemeingültigen Durchbiegungsbeschränkungen angegeben werden.

# 2. Tragwerksentwurf

## 2.5 Tragwerk und Gebäudeinstallationen

### Allgemein

Da die Nutzungsdauer von Gebäudetechnik und Installation meist unter der Nutzungsdauer der Tragstruktur liegt, ist eine Installationsführung unabhängig vom Tragwerk sinnvoll.

Allerdings ist es nach wie vor üblich, Elektroinstallationen in tragenden Wänden vorzusehen. Sollen die erforderlichen Schlitze beim Nachweis der Tragsicherheit nicht berücksichtigt werden, müssen bei der Verarbeitung die nachfolgenden Bedingungen eingehalten werden:

- Werden Schlitze und Aussparungen nicht im gemauerten Verband, sondern nachträglich hergestellt, sind sie mit speziellen Schlitzwerkzeugen auszuführen, mit denen die Breite und die Tiefe genau eingehalten werden.
- Schlitze müssen erschütterungsarm gefräst und dürfen nicht gestemmt werden.
- Die im Folgenden genannten Abmessungen sind einzuhalten.

Zum Fräsen von Schlitzen von Ziegelmauerwerk eignen sich Mauernutfräsen mit zwei parallel laufenden Diamant-Trennscheiben. Beim Fräsen der Schlitze wird

das Mauerwerk nicht erschüttert und es wird vermieden, dass Stege unkontrolliert ausbrechen.

### Abmessungen

#### Vertikale Schlitze und Aussparungen

Vertikale Schlitze und Aussparungen können die Tragfähigkeit der Wand beeinträchtigen, wenn die seitliche Aussteifung verringert bzw. aufgehoben wird. Aussparungen in Innenwänden verringern das Schalldämmmaß. Dieser Effekt ist bei geringen Schlitzbreiten und -tiefen in der Regel jedoch unwesentlich.

Die Grenzabmessungen nach DIN EN 1996 für vertikale Schlitze enthält Tabelle 2.2 (siehe auch Abbildung 2.10). Wenn diese Bedingungen eingehalten sind, dann darf der Einfluss der Querschnittsschwächung auf die Tragfähigkeit vernachlässigt werden. Umgekehrt gilt, dass bei größeren Schlitzen immer der Nettoquerschnitt bei den Nachweisen der Tragsicherheit angesetzt werden muss.

Abweichend von den Regelungen der Tabelle 2.2 gelten gemäß den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bei verfüllten Großkammer-Ziegeln engere Grenzen. Vertikale Schlitze können nur dann ohne

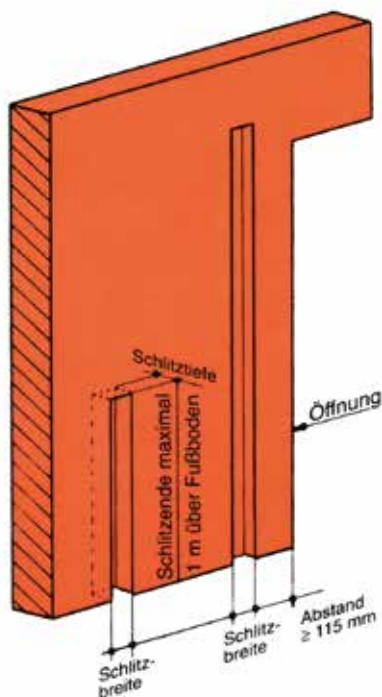
Berücksichtigung beim rechnerischen Nachweis bleiben, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind (siehe auch Abbildung 2.11):

- maximale Schlitzbreite 35 mm
- maximale Schlitztiefe 35 mm
- Abstand der vertikalen Schlitze von Öffnungen mindestens 150 mm
- maximal ein Schlitz pro Meter Wandlänge.

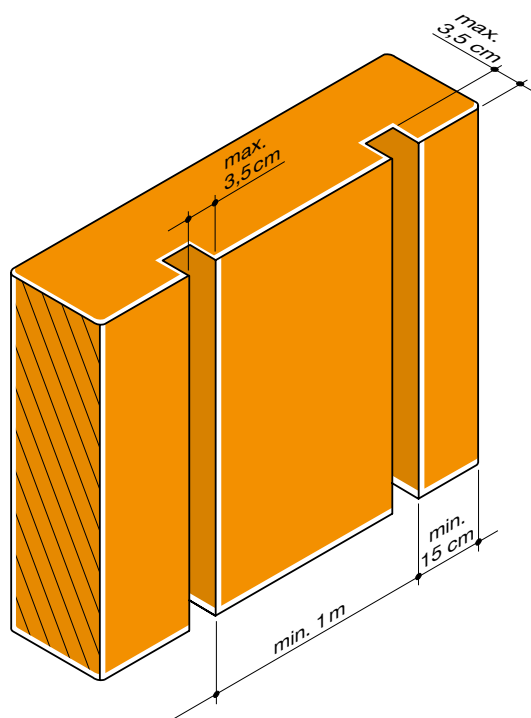
Bei einem rechnerischen Nachweis der Tragfähigkeit geschlitzter Großkammer-Ziegel ist als Restwanddicke die Steinbreite abzüglich der Dicke des Außenlängssteges und der Breite der äußeren Kammerreihe anzunehmen.

Diese Regelung für vertikale Schlitze kann nach neueren Erkenntnissen auch auf Pfeiler und Wandabschnitte mit weniger als 1,0 m Länge angewendet werden.

Um die Anforderungen an die Luft- bzw. Winddichtheit gemäß DIN 4108 und Energieeinsparverordnung einzuhalten, sollten Schlitze und Aussparungen sorgsam abgedichtet werden. Dies kann z. B. bei Steckdosen durch sattes Eingipsen oder Spezialeinsätze erfolgen.



2.10 Grenzabmessungen für vertikale Schlitze „ohne Nachweis“ nach DIN EN 1996



2.11 Grenzabmessungen für Schlitze „ohne Nachweis“ für verfüllte Großkammerziegel nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung



Tabelle 2.2: Ohne Nachweis zulässige Größe  $t_{ch,v}$  vertikaler Schlitz- und Aussparungen im Mauerwerk

Wanddicke mm	nachträglich hergestellte Schlitz- und Aussparungen <sup>c</sup>		mit der Errichtung des Mauerwerks hergestellte Schlitz- und Aussparungen im gemauerten Verband			
	maximale Tiefe <sup>a</sup> $t_{ch,v}$ mm	maximale Breite (Einzelschlitz) <sup>b</sup> mm	verbleibende Mindestwand- dicke mm	maximale Breite <sup>b</sup> mm	Mindestabstand der Schlitz- und Aussparungen	
					von Öffnungen	untereinander
115 bis 149	10	100	–	–	≥ 2-fache Schlitz- breite bzw. ≥ 240 mm	≥ Schlitzbreite
150 bis 174	20	100	–	–		
175 bis 199	30	100	115	260		
200 bis 239	30	125	115	300		
240 bis 299	30	150	115	385		
300 bis 364	30	200	175	385		
≥ 365	30	200	240	385		

<sup>a</sup> Schlitz- und Aussparungen, die bis maximal 1 m über den Fußboden reichen, dürfen bei Wanddicken ≥ 240 mm bis 80 mm Tiefe und 120 mm Breite ausgeführt werden.

<sup>b</sup> Die Gesamtbreite von Schlitz- und Aussparungen nach Spalte 3 und Spalte 5 darf je 2 m Wandlänge die Maße in Spalte 5 nicht überschreiten. Bei geringeren Wandlängen als 2 m sind die Werte in Spalte 5 proportional zur Wandlänge zu verringern.

<sup>c</sup> Abstand der Schlitz- und Aussparungen von Öffnungen ≥ 115 mm.

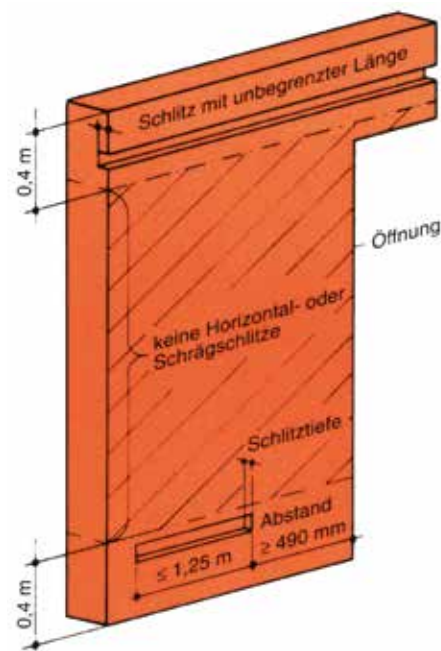
## Abmessungen

### Horizontale und schräge Schlitz- und Aussparungen

Horizontale Schlitz- und Aussparungen können die Tragfähigkeit der Wand aufgrund der Querschnittsschwächung beeinträchtigen.

Die Grenzabmessungen nach DIN EN 1996 für horizontale Schlitz- und Aussparungen enthält Tabelle 2.3 (siehe auch Abbildung 2.12). Wenn diese Bedingungen eingehalten sind, dann darf der Einfluss der Querschnittsschwächung auf die Tragfähigkeit vernachlässigt werden. Umgekehrt gilt auch hier, dass bei größeren Schlitz- und Aussparungen immer der Nettoquerschnitt bei den Nachweisen der Tragsicherheit angesetzt werden muss.

Bei verfüllten Großkammer-Ziegeln müssen horizontale Schlitz- und Aussparungen in jedem Fall bei der Bemessung berücksichtigt werden. Als Restwanddicke ist dabei die Steinbreite abzüglich der Dicke des Außenlängssteges und der Breite der äußeren Kammerreihe anzunehmen.



2.12 Grenzabmessungen für horizontale Schlitz- und Aussparungen „ohne Nachweis“ nach DIN EN 1996

## 2. Tragwerksentwurf

Tabelle 2.3: Ohne Nachweis zulässige Größe  $t_{ch,h}$  horizontaler und schräger Schlitze im Mauerwerk

Wanddicke mm	maximale Schlitztiefe $t_{ch,h}$ <sup>a</sup> mm	
	unbeschränkte Länge	Länge $\leq 1250$ mm <sup>b</sup>
115-149	–	–
150-174	–	0°
175-239	0°	25
240-299	15°	25
300-364	20°	30
über 365	20°	30

<sup>a</sup> Horizontale und schräge Schlitze sind nur zulässig in einem Bereich  $\leq 0,4$  m ober- oder unterhalb der Rohdecke sowie jeweils an einer Wandseite. Sie sind nicht zulässig bei Langlochziegeln.  
<sup>b</sup> Mindestabstand in Längsrichtung von Öffnungen  $\geq 490$  mm, vom nächsten Horizontalschlitz zweifache Schlitzlänge.  
<sup>c</sup> Die Tiefe darf um 10 mm erhöht werden, wenn Werkzeuge verwendet werden, mit denen die Tiefe genau eingehalten werden kann. Bei Verwendung solcher Werkzeuge dürfen auch in Wänden  $\geq 240$  mm gegenüberliegende Schlitze mit jeweils 10 mm Tiefe ausgeführt werden.

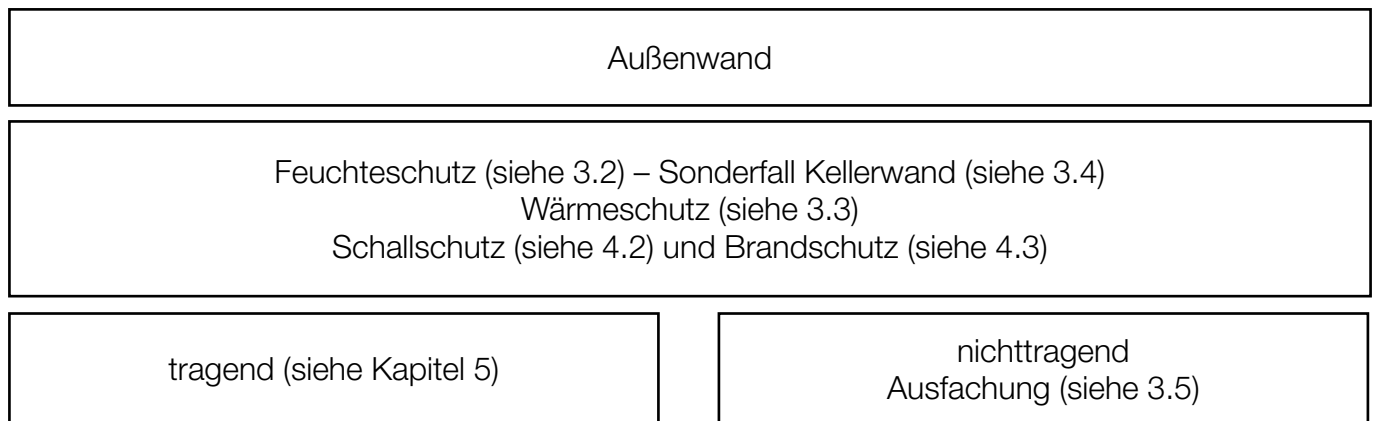
# 3. Die einschalige Außenwand

## 3.1 Baukonstruktive Anforderungen an Außenwände

Außenwände haben in der Regel den größten Flächenanteil an der Gebäudehülle. Dementsprechend ist ihre Funktionalität maßgebend für den Schutz des Gebäudes und dessen Nutzer gegenüber allen Witterungseinflüssen. In den gemäßigten Zonen Mitteleuropas stehen der Feuchteschutz und der winterliche Wärmeschutz im Vordergrund. Mit häufigeren und länger anhaltenden Hitzeperioden im Sommer gewinnt allerdings auch der sommerliche Wärmeschutz an Bedeutung. In Abbildung 3.1 werden die wesentlichen Anforderun-

gen an Außenwände zusammengefasst. Die Themen Feuchteschutz und Wärmeschutz werden in den folgenden Abschnitten 3.2 und 3.3 behandelt. Erläuterungen zum Schallschutz und zum Brandschutz gemauerter Wände finden sich in den Abschnitten 4.2 und 4.3 im Kapitel Innenwände. Bei Außenwänden wird der Schallschutz in aller Regel durch die Fenster als „schwächstes Glied“ definiert. Ähnlich ist es beim Brandschutz: Monolithisches Mauerwerk bietet einen optimalen Schutz gegenüber einem Brandüberschlag zwischen

unterschiedlichen Geschossen, und die Wanddicken, die sich für das Mauerwerk der Außenwände aus dem erforderlichen Wärmedurchgangswiderstand ergeben, erfüllen in aller Regel in den wesentlichen baupraktisch relevanten Fällen sowohl die Anforderungen des Brandschutzes als auch die des Schallschutzes. Dazu werden in den jeweiligen Abschnitten beispielhafte Konstruktionen dargestellt. Der Kellerwand wird ein eigener Abschnitt 3.4 gewidmet, ebenso den nichttragenden Ausfachungsflächen (siehe Abschnitt 3.5).



3.1 Baukonstruktive Anforderungen an Außenwände

# 3. Die einschalige Außenwand

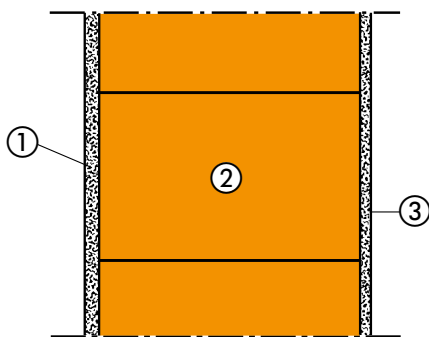
## 3.2 Feuchteschutz

Wasser ist die Hauptursache von Bauschäden. Feuchte in Bauteilen mindert die Wärmedämmung und verschlechtert das Raumklima. Es muss daher sichergestellt sein, dass in einem Bauteil auf Dauer keine unzulässige Feuchtigkeitsanreicherung stattfindet. In Wohnungen entsteht nutzungsbedingt immer Feuchtigkeit, die als Wasserdampf oder in flüssiger Form auf die Bauteile einwirkt. Feuchtigkeit kann die Wärmedämmwirkung eines Baustoffes stark herabsetzen. Für das thermische

Verhalten einer Wandkonstruktion ist daher nicht allein die Wärmedämmung entscheidend, sondern auch der Erhalt der Wärmedämmeigenschaften der Baustoffe unter Feuchtigkeits Einfluss.

Vor der Feuchtigkeit aus Witterungseinflüssen (Regen und Schnee) schützt der Außenputz oder die Vormauerschale bzw. die Wärmedämmung (siehe Abbildung 3.2 und Abbildung 3.3). Die wichtigste Voraussetzung für eine sichere und dauerhafte

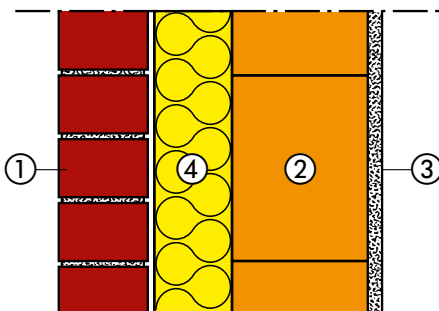
Putzoberfläche ist, neben der sorgfältigen Ausführung der Putzarbeiten mit einem Leichtputz oder einem Dämmputz, ein homogener Untergrund. Dazu zählen insbesondere knirsche Stoßfugen, ausreichende Überbindemaße und nach Möglichkeit eine durchgehende Ziegeloberfläche (bspw. DRS-Deckenrandschale, vgl. Abbildung 1.3b) an der Deckenstirn. Es wird eine mittlere Putzdicke von 20 mm empfohlen. Tabelle 3.1 enthält aufeinander abgestimmte Stein-Putz-Kombinationen.



- ① Außenputz 2,0 cm, mineralischer Leichtputz,  $\lambda = 0,31 \text{ W/(mK)}$
- ② Poroton-Ziegel, Dicke und  $\lambda$  gemäß Tabellen
- ③ Innenputz 1,5 cm, Kalkgipsputz,  $\lambda = 0,70 \text{ W/(mK)}$

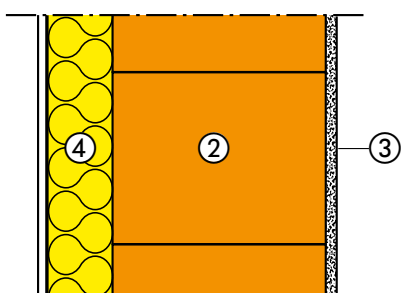
3.2 Aufbau einschalige Außenwand

a



- ① Terca-Vormauerziegel 11,5 cm, Rohdichteklasse 1,6,  $\lambda = 0,68 \text{ W/(mK)}$
- ② POROTON-Ziegel, Dicke und  $\lambda$  gemäß Tabellen
- ③ Innenputz 1,5 cm, Kalkgipsputz,  $\lambda = 0,70 \text{ W/(mK)}$
- ④ Wärmedämmung, Dicke gemäß Tabellen,  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$

b



3.3 Aufbau a) zweischalige Außenwand b) Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem



Tabelle 3.1: Verwendbarkeit von Außenputzen auf Ziegelmauerwerk

Putzgrund	Normalputz	Leichtputz		Dämmputz
		Typ 1	Typ 2	
		Maschinenputz	Faserleichtputz, Ultraleichtputz	
Gilt für übliche Putzflächen, z.B. auf regelgerecht ausgeführtem Mauerwerk nach DIN EN 1996, die keiner erhöhten Beanspruchung ausgesetzt sind.				
POROTON-S8/S9/S10-P/MW/ FZ8/FZ9/FZ10	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
POROTON-T7/T8/T9-P/MW/FZ7	-	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
Planziegel T8(U8)/T9 (U9)/T10/ T12	-	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
Besondere Maßnahmen, z.B. das Aufbringen eines Armierungsputzes mit vollflächiger Gewebeeinlage auf den Unterputz, sind bei Putzflächen, bei denen das Putzsystem einer erhöhten Beanspruchung ausgesetzt ist, erforderlich. Hierzu zählen unter anderem: <ul style="list-style-type: none"> <li>• besondere Exposition der Fassade oder des Bauteils (z.B. Fensterlaibungsbereich)</li> <li>• Verwendung spezieller Oberputze (feinkörnig bzw. dunkle Fassadenbeschichtung)</li> <li>• erhöhte Feuchtebelastung</li> <li>• erhebliche Unregelmäßigkeiten im Putzgrund</li> </ul>				
- nicht geeignet    ✓ bedingt geeignet    ✓ ✓ geeignet    ✓ ✓ ✓ besonders geeignet				

Leichtputz Typ 1: Trockenrohdichte ≤ 1300 kg/m<sup>2</sup>; Festigkeitsklasse CS II; E-Modul 2500-5000 N/mm<sup>2</sup>; Putzmörtelgruppe P II nach DIN V 18550

Leichtputz Typ 2: Trockenrohdichte ≤ 1000 kg/m<sup>2</sup>; Festigkeitsklasse CS II; E-Modul 1000-3000 N/mm<sup>2</sup>; Putzmörtelgruppe P II nach DIN V 18550

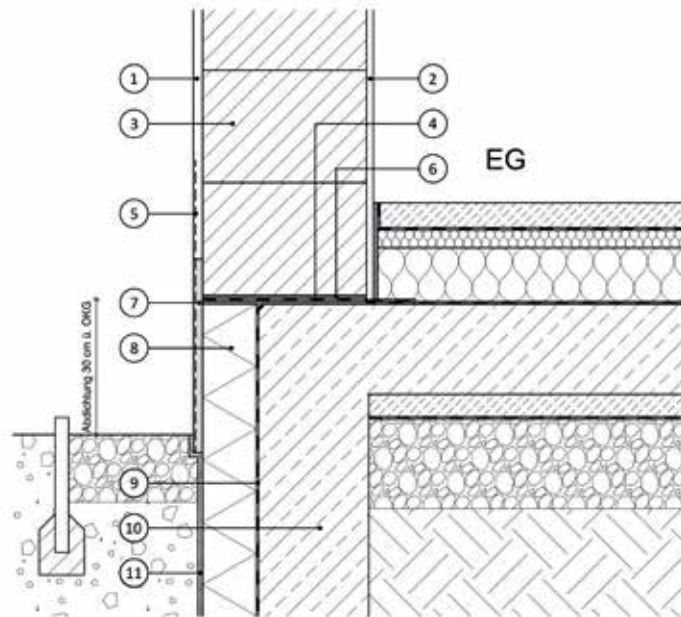
Vormauerschalen aus Ziegelprodukten sind eine dauerhafte und sichere Lösung für die Fassade, die in vielen Regionen auf eine lange Tradition zurückblicken kann. In den meisten Fällen wird man die Vormauerschale mit einer schlanken tragenden Ziegelwand und einer Kerndämmung kombinieren. Zur Aufnahme der auf die Vormauerschale wirkenden Winddruck und -sogkräfte sind Luftschichtanker aus Edelstahl erforderlich. Diese werden in einem ersten Arbeitsschritt in die Lagerfuge des tragenden Mauerwerks eingelegt und später in die Vormauerschale eingebunden. Für den einfachen Einbau von Luftschichtankern in Dünnbettmörtel/Hintermauerwerk stehen POROTON-Ziegel zur Verfügung,

bei denen im Fertigungsprozess bereits Ankerlöcher eingebracht werden. In diese Ankerlöcher werden dann herkömmliche Drahtanker eingesteckt. Eine Alternative sind Flachstahlanker mit einer Zulassung für Planziegelmauerwerk. Beispielhaft sind hier Multi-Luftschichtanker, Multi-Plus-Luftschichtanker oder Duo-Anker der Firma Bever zu nennen.

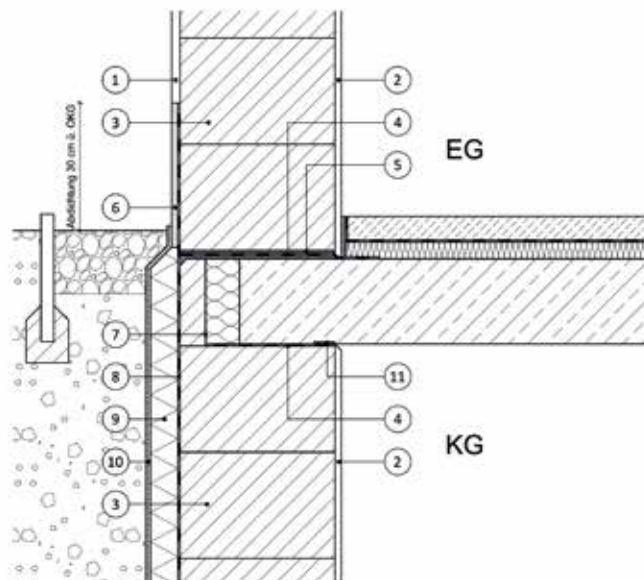
Besondere Sorgfalt ist sowohl bei der Putzfassade als auch bei der Vormauerschale für den oberen und den unteren Abschluss erforderlich. Besonders günstig ist es, wenn ein Dachüberstand vorhanden ist, der den Wandkopf sicher vor Witterungseinwirkungen schützt. Bei Flachdächern

mit einer umlaufenden Attika oder bei Giebelwänden ohne seitlichen Dachüberstand erfolgt der Schutz des Wandkopfes in der Regel mit abgekanteten Blechen. Im Sockelbereich ist es erforderlich, einen Übergang von der Abdichtung erdberührter Bauteile zum Untergrund des Außenwandputzes zu schaffen. Abbildung 3.4 zeigt für unterschiedliche Randbedingungen – gemauerte Kellerwände und Kellerwände aus Stahlbeton – eine Ausführungsvariante, bei der die Abdichtung der Kellerwände bis 30 cm über Geländeoberkante geführt und im Spritzwasserbereich ein Sockelputz vorgeesehen wird.

# 3. Die einschalige Außenwand



	[cm]		[cm]
① Außenputz	2,0	⑨ Abdichtung gem. DIN 18195	
② Innenputz	1,5	⑩ Streifenfundament	
③ POROTON - Mauerwerk	36,5	⑪ Noppenbahn (falls erforderlich)	
④ Mauersperrbahn (z.B. RS00 besandet)			
⑤ Gewebearmierung			
⑥ Mörtelausgleichsschicht MG III			
⑦ Sockelputz			
⑧ Perimeterdämmung			



	[cm]		[cm]
① Außenputz	2,0	⑨ Perimeterdämmung oder Schutzplatte	
② Innenputz	1,5	⑩ Noppenbahn (falls erforderlich)	
③ POROTON - Mauerwerk	36,5	⑪ Kantenschutz	
④ Mauersperrbahn (z.B. RS00 besandet)			
⑤ Mörtelausgleichsschicht MG III			
⑥ Sockelputz			
⑦ POROTON - Deckenrandschale			
⑧ Abdichtung gem. DIN 18195			

3.4 Zwei Ausführungsvarianten für den Sockelbereich einer POROTON-Außenwand

Feuchtigkeit wirkt auch von innen auf Bauteile ein. Tabelle 3.2 listet die wichtigsten Feuchtigkeitsquellen auf. Bei Wandquerschnitten mit Ziegelmauerwerk, welche einen ausreichenden Wärmedurchgangswiderstand aufweisen, ist sichergestellt, dass die Feuchtigkeit, die bei einer üblichen Wohn- oder Büronutzung von innen auf die Oberfläche einwirkt, völlig unschädlich aufgenommen und wieder abgegeben werden kann. Ein rechnerischer Nachweis des Tauwasserschutzes ist nicht erforderlich.

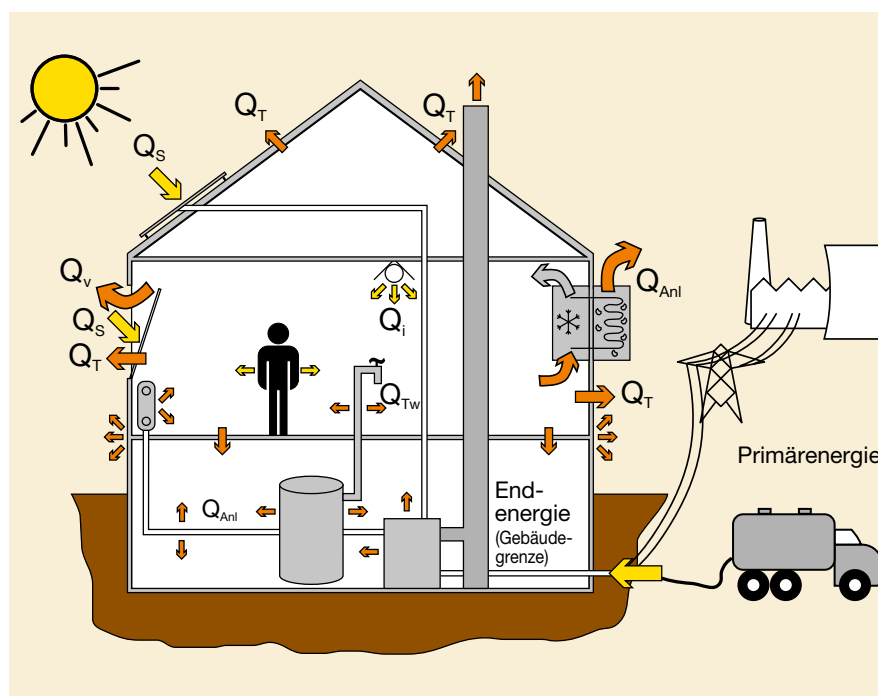
Bei der Verwendung von Dünnbettmörtel wird der Eintrag von Baufeuchte in das Mauerwerk wesentlich reduziert. Um diesen Vorteil zu erhalten, ist es selbstverständlich erforderlich, die Schutzfolie erst unmittelbar vor der Verarbeitung von den Ziegelpaletten zu entfernen, und die oberste Ziegelreihe der Wand durch eine Abdeckung vor Regen und Schnee während der Bauphase zu schützen. Bei Einhaltung dieser Maßnahmen entfällt bei Ziegelmauerwerk das energieaufwendige Trockenheizen der Wandkonstruktionen.

Tabelle 3.2: Feuchtigkeitsquellen

	Feuchtigkeitsabgabe pro Tag
Mensch	1,0–1,5 Liter
kochen	0,5–1,0 Liter
duschen, baden (pro Pers.)	0,5–1,0 Liter
Wäsche trocknen (4,5 kg) geschleudert tropfnass	1,0–1,5 Liter 2,0–3,5 Liter
Zimmerblumen, Topfpflanzen	0,5–1,0 Liter

### 3.3 Wärmeschutz

Die wesentlichen Beiträge zur Wärmebilanz eines Wohngebäudes werden in Abbildung 3.5 veranschaulicht. Dargestellt werden sowohl Gewinne als auch Verluste bei der Wärmebilanzierung. Hinsichtlich der Qualität der Außenwände ist zwischen der Dämmwirkung im Winter zur Einhaltung des Mindestwärmeschutzes und des Wärmeschutzes im Sommer in Kombination mit Speichervermögen zu unterscheiden. In beiden Fällen werden mit POROTON-Mauerwerk alle Anforderungen erfüllt.



3.5 Wärmebilanz und Energie

# 3. Die einschalige Außenwand

## 3.3.1 Grundbegriffe und Kennwerte

### Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$

Durch die Wand fließt Wärme durch Wärmeleitung. Die Grundgröße dafür ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  [W/(m·K)]. Dieser gibt die Wärmemenge in Watt an, die stündlich durch einen Quadratmeter einer ein Meter dicken Stoffschicht geleitet wird, wenn die beiden gegenüberliegenden Oberflächen einen Temperaturunterschied von 1 K aufweisen.

### Wärmeübergangswiderstand $R_s$ von Bauteilen

Von der leicht bewegten Luft wird Wärme an die Wandoberflächen übertragen. Daran ist auch die Wärmeleitung in den angrenzenden Luftschichten beteiligt. Erfasst wird der Wärmeaustausch durch den Wärmeübergangswiderstand  $R_s$ . Er gibt die Wärmemenge in Watt an, die stündlich je Quadratmeter Wandfläche durch Strahlung, Leitung und Konvektion übertragen wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen Luft und Wandoberfläche 1 K beträgt. Die Rechenwerte der Wärmeübergangswiderstände sind auf der Innen- und Außenseite der Wand zu berücksichtigen. Außerdem stehen die Wände untereinander sowie mit Fußboden, Decke und Fenstern im Strahlungsaustausch. Der Wärmeübergangskoeffizient für Innenseiten von Wandflächen wird mit dem Index i (intern) versehen. Auf der Außenseite erhält er den Index e (extern).

### Wärmedurchlasswiderstand R homogener Schichten

Wärmetechnische Bemessungswerte können als Wärmeleitfähigkeit oder Wärmedurchlasswiderstand angegeben sein. Ist die Wärmeleitfähigkeit gegeben, berechnet sich der Wärmedurchlasswiderstand zu

$$R = d/\lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

d: Schichtdicke

$\lambda$ : der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit (aus der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder aus DIN 4108-4)

Tabelle 3.3: Wärmeübergangswiderstand nach DIN EN ISO 6946

Wärmeübergang gegen	Richtung des Wärmestromes		
	aufwärts	horizontal*	abwärts
$R_{si}$ - Innenraum	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$ - Außenluft	0,04	0,04	0,04
$R_{se}$ - Außenluft, abgedeckt	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$ - erdberührte Bauteile	-	0	0
* Richtung des Wärmestromes $\pm 30$ Grad zur horizontalen Ebene			

Bei geschichteten Wänden setzt sich der gesamte Wärmedämmwert aus den Wärmedurchlasswiderständen der einzelnen Schichten zusammen:

$$R = d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_n/\lambda_n \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

### Wärmedurchgangswiderstand $R_T$

Werden der innere und der äußere Wärmeübergangswiderstand zum Dämmwert der Wand addiert, so ergibt sich der Wärmedurchgangswiderstand:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$



### Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Nach der Ermittlung des Wärmedurchgangswiderstandes kann der Wärmedurchgangskoeffizient U [W/(m²K)] durch Bildung des Kehrwertes bestimmt werden.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Dieser Wert dient der anteiligen Berechnung des spezifischen, auf die Hüllfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes  $H_T$  nach der Energieeinsparverordnung.

Tabelle 3.4: Wärmeleitfähigkeit und U-Wert für einschaliges Außenmauerwerk beidseitig verputzt

Produkt Empfehlung	Wärmeleitfähigkeit (W/mK) mit Dünnbettmörtel	U-Wert (W/m²K) nach DIN EN ISO 6946 (1996-11) für Wandstärke in cm				
		30,0	36,5	42,5	49,0	50,0
T7-P/-MW/T7/FZ7	0,07	-	0,18	0,16/0,15 <sup>2)</sup>	0,14	-
T8-P/-MW/T8	0,08	0,25	0,21	0,18	0,16/0,15 <sup>2)</sup>	-
T9-P/T9	0,09	-	0,23	-	-	-
S8-P/-MW/S8/FZ8	0,08	-	0,21	0,18	0,16	-
S9-P/-MW/S9/FZ9	0,09	0,28	0,23	0,20	-	-
S10-P/-MW/S10/FZ10	0,10	0,31	0,26	0,22	-	-
Plan-T8¹/U8¹	0,08	-	0,21	0,18	0,16	0,15
Plan-T9¹/U9¹	0,09	0,28	0,23	0,20	-	-
Plan-T10¹	0,10	0,31	0,25	0,22	-	-
Plan-T12¹	0,12	0,36	0,30	0,26	0,23	-
Plan-T14	0,14	0,42	0,35	-	-	-

¹) mit mineral. Faserleichtputz  
²) 4,0 cm Wärmedämmputz ( $\lambda = 0,07$  W/mK)

### Wärmespeicherfähigkeit

Die Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen ist wichtig, um einer übermäßigen Erwärmung oder Auskühlung entgegenzuwirken. Ihr kommt z.B. dann Bedeutung zu, wenn die Innenraumtemperatur nicht mehr konstant gehalten werden kann. Bei geringer Wärmespeicherfähigkeit von raumumschließenden Bauteilen kann die Temperatur der inneren Wandoberfläche bei Heizungsunterbrechung binnen kurzer Zeit stark absinken. Wände aus POROTON-Ziegeln haben dagegen die angenehme Eigenschaft, neben dem erhöhten Wärmeschutz ohne besondere Vorkehrungen auch genügend Wärmespeicherfähigkeit zu erbringen.

Die Wärmespeicherfähigkeit berechnet sich pro Grad Temperaturdifferenz nach der Beziehung:

$$Q = d \cdot \rho \cdot c \text{ [kJ/(m}^2\text{K)]}$$

d: Wanddicke [m]

$\rho$ : spezifisches Gewicht [kg/m³]

c: spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)], für Ziegel: c = 1,0 kJ/(kg·K)

Eine große Wärmespeicherfähigkeit wirkt sich auch im Sommer vorteilhaft aus. Wärmespeichernde Außenwände in Verbindung mit Ziegelinnenwänden verhindern, dass die Oberflächentemperatur an der Raumseite der Außenwand binnen kurzer Zeit stark ansteigt und damit die Raumtemperatur die Behaglichkeitsgrenze überschreitet.

# 3. Die einschalige Außenwand

## 3.3.2 Wärmebrücken

### Allgemeines

Vor allem bei Anschlüssen verschiedener Bauteile (z. B. Deckenaufleger) sowie bei Gebäudeaußenecken und auskragenden Bauteilen (z. B. Balkone) treten erhöhte Wärmeverluste infolge von Wärmebrückenwirkungen auf. Ein wärmebrückenbedingtes Absinken der raumseitigen Oberflächentemperaturen erhöht vor allem die Gefahr von Tauwasser- bzw. Schimmelpilzbildung und kann zu Bauschäden führen.

Wärmebrücken sind zur Verminderung des Energiebedarfs sowie zur Vermeidung von Bauschäden zu optimieren, denn der Anteil von Wärmebrückenverlusten bei hochgedämmten Konstruktionen kann einen erheblichen Teil der gesamten Transmissionswärmeverluste ausmachen.

Durch den Einsatz des homogenen POROTON-Ziegelsystems mit einem umfangreichen Angebot an wärmedämmenden Ziegel-Ergänzungsprodukten und baupraktisch einfach umsetzbaren Detaillösungen können solche Wärmebrücken zuverlässig optimiert und auf ein Minimum reduziert werden.

### Wärmebrücken im Nachweis nach EnEV

Die infolge von Wärmebrücken zusätzlich auftretenden Transmissionswärmeverluste werden als zusätzlicher Wärmedurchgangskoeffizient  $\Delta U_{WB}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] entweder durch einen pauschalen Zuschlag berücksichtigt oder durch den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi$  (Psi) in [W/(mK)] detailliert abgebildet.

### Berechnung nach pauschalem Ansatz

Die einfachste Möglichkeit ist es, den Einfluss von Wärmebrücken mit einem pauschalen Ansatz von

$$\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

bei der Berechnung zu berücksichtigen. Der pauschale Ansatz mit  $\Delta U_{WB} = 0,10$  [W/m<sup>2</sup>K] führt allerdings zu sehr hohen rechnerischen Transmissionswärmeverlusten, der den heutigen Ansprüchen i.d.R. nicht mehr genügt und daher nicht mehr praxisrelevant ist.

### DIN 4108 Beiblatt 2

Gegenwärtig werden die meisten Ziegel-Effizienzhäuser mit einem Wärmebrückenzuschlag von

$$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

berechnet. In diesem Fall muss die Ausführung der Wärmebrückendetails den Anforderungen nach DIN 4108 Beiblatt 2 oder zumindest ein Gleichwertigkeitskriterium dazu erfüllen.

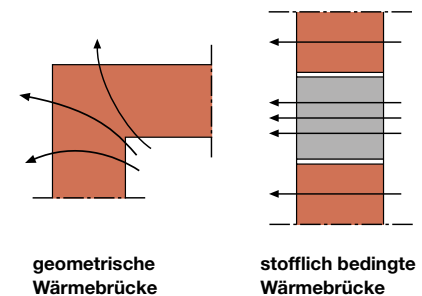
### Detaillierter Nachweis

Eine detaillierte Berücksichtigung der Wärmebrücken erfolgt durch Aufsummieren, wenn die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten aller Wärmebrücken bekannt sind.

$$\Delta U_{WB} = \text{Summe } (l \times \psi) / A \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

$\psi$ : längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient [W/(mK)]  
 $l$ : Länge der Wärmebrücke [m]  
 $A$ : wärmetauschende Hüllfläche des Gebäudes [m<sup>2</sup>]

Eine detaillierte Berücksichtigung der Wärmebrücken wird von allen gängigen für EnEV-Nachweise genutzten Rechenprogrammen unterstützt. Aufgrund des sehr hohen Potenzials bei Konstruktionen mit POROTON-Mauerwerk empfiehlt sich diese genauere Betrachtung. Für die üblichen Bauteilanschlüsse mit dem POROTON-Ziegelsystem liegen in umfangreicher Form für verschiedene Dämmstandards bereits berechnete Wärmebrückendetails vor. Neben der Angabe des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\psi_0$  für den Einzelnachweis der Wärmebrücken je Detailausbildung wird die Gleichwertigkeit des Bauteilanschlusses zu DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03 berechnet bzw. nachgewiesen.



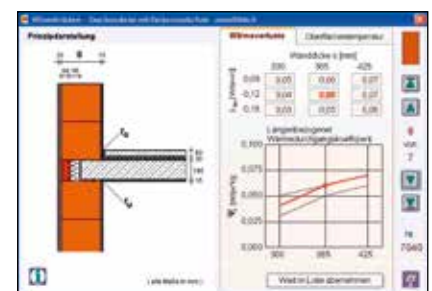
3.6 Wärmebrücken

### Berücksichtigung des Transmissionswärmeverlustes über Wärmebrücken:

1. Genaue Berücksichtigung der Wärmebrücken mit:

$$\Delta U_{WB} = \Sigma l \cdot \psi / A \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

- $\psi$  = längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient der Wärmebrücke [W/(mK)]
- $l$  = Länge der Wärmebrücke [m]
- $A$  = wärmetauschende Hüllfläche (des Gebäudes) [m<sup>2</sup>]



Genaue Berücksichtigung der Wärmebrücken mit dem EnEV-Planungsprogramm oder dem Wärmebrückenkatalog (kostenloser Download unter [www.wienerberger.de](http://www.wienerberger.de))

### 3.3.3 Entwurfsgrundsätze

#### Sommerlicher Wärmeschutz

Für ein behagliches Wohnklima ist es wichtig, dass die eingebrachte Wärmeenergie möglichst lange im Mauerwerk gespeichert und nur möglichst langsam wieder abgegeben wird. Die Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes ist geregelt in DIN 4108-2:2013. Dieser Vorgang wird durch den Begriff Auskühlzeit definiert. Die Auskühlzeit charakterisiert somit das Auskühlen eines Außenbauteiles im Winter bzw. die Aufwärmung im Sommer. Wohnräume werden umso behaglicher beurteilt, je länger ihre Auskühlzeit andauert. Außenbauteile sind generell starken Temperaturschwankungen ausgesetzt. Ziegelwände haben dank ihrer Temperaturträgheit den Vorteil, dass sie gespeicherte Wärme lange halten und erst zeitversetzt wieder abgeben. An heißen Sommertagen wird tagsüber die Wärme durch die Ziegel gespeichert und erst, wenn es am Abend kühl wird, wieder abgegeben. Im Winter hält die gute Wärmedämmung die Wärme im Inneren. Durch ihre optimale Wärmespeicherfähigkeit sorgt die Ziegelwand dafür, dass die Räume nachts nur langsam auskühlen und sich morgens rasch aufwärmen. Dem ausgezeichneten Wärmespeichervermögen von Ziegel-Wandkonstruktionen kommt bei dieser Temperaturregulierung entscheidende Bedeutung zu. So bleibt ein Haus aus Ziegeln im Winter angenehm warm und im Sommer wohltuend kühl.

#### Wärmeschutz im Winter

Der Wärmeschutz eines Raumes, d. h. der Wärmeverlust im Winter und die raumklimatische Belastung im Sommer, ist abhängig von

- dem Wärmedurchlasswiderstand bzw. dem Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile (Wände, Decken, Fenster, Türen) und deren Anteil an der wärmeübertragenden Umfassungsfläche
- der Anordnung der einzelnen Schichten bei mehrschichtigen Bauteilen sowie der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit der Außen- und vor allem der raumumschließenden Flächen (Tauwasserbildung, sommerlicher Wärmeschutz, instationärer Heizbetrieb)
- dem erhöhten Wärmeschutz im Bereich der Wärmebrücken (Gebäudekanten, Deckeneinbindungen, Fensterumrandungen) und den damit verbundenen reduzierten Innenoberflächen-Temperaturen
- dem Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen, der Größe und Orientierung der Fenster unter Berücksichtigung von Sonnenschutzmaßnahmen
- der Luftdichtheit von Bauteilen und deren Anschlüssen
- der Lüftung.

Der Mindestwärmeschutz soll bei üblicher Nutzung und ausreichender Beheizung und Lüftung ein hygienisches Raumklima und Tauwasserfreiheit sicherstellen. Der Mindestwärmeschutz wird geregelt in DIN 4108-2:2013.

Er soll sicherstellen, dass bei ausreichender Beheizung und Lüftung bei üblicher Nutzung

- ein hygienisches Raumklima erreicht wird und
- die Tauwasserfreiheit im Ganzen und in den Ecken und damit die Verringerung des Risikos der Schimmelbildung sichergestellt ist.

#### Wärmeschutztechnische Maßnahmen bei der Planung von Gebäuden

Der Energiebedarf für die Beheizung eines Gebäudes und ein hygienisches Raumklima werden erheblich von der Gebäudeform und -gliederung, der Luftdichtheit der äußeren Umfassungsflächen, der Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile, insbesondere der Außenbauteile, der Vermeidung von Wärmebrücken sowie der Lüftungsart beeinflusst.

#### Gebäudeform und Gliederung

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes kann durch die Wahl der Lage des Gebäudes (Verminderung des Windangriffs infolge benachbarter Bebauung, Baumpflanzungen, Orientierung der Fenster zur Ausnutzung winterlicher Sonneneinstrahlung) vermindert werden. Bei der Gebäudeform und -gliederung ist zu beachten, dass jede Vergrößerung der Außenflächen im Verhältnis zum beheizten Gebäudevolumen die spezifischen Wärmeverluste eines Gebäudes erhöht; daher haben z. B. stark gegliederte Baukörper einen vergleichsweise höheren Wärmebedarf als nicht gegliederte.

# 3. Die einschalige Außenwand

## Pufferräume

Angebauter Pufferräume, wie unbeheizte Glasvorbauten, reduzieren den Heizwärmebedarf der beheizten Kernzone, jedoch müssen die trennenden Bauteile die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes erfüllen. Auch Trennwände und Trenndecken zu unbeheizten Fluren, Treppenträumen und Kellerabgängen benötigen einen ausreichenden Wärmeschutz.

## Gebäudeeingang

Zur Vermeidung von Wärmeverlusten ist es zweckmäßig, vor Gebäudeeingängen Windfänge anzuordnen.

## Fenster

Eine Vergrößerung der Fensterfläche kann zu einem Ansteigen des Wärmebedarfs führen. Bei nach Süden, auch Südosten oder Südwesten orientierten Fensterflächen können infolge Sonneneinstrahlung die Wärmeverluste deutlich vermindert oder sogar Wärmegewinne erzielt werden. Geschlossene, möglichst dicht schließende Fensterläden und Rolläden können den Wärmedurchgang durch Fenster vermindern. Am effektivsten hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes ist es, wenn die entsprechenden Maßnahmen zur Verschattung (Rolläden oder Jalousien) außen liegend angeordnet werden.

## Rohrleitungen

Für die Wasserversorgung, die Wasserentsorgung und die Heizung sowie für die Schornsteine sollten Rohrleitungen nicht in Außenwänden liegen. Bei Schornsteinen in Außenwänden ergibt sich die Gefahr einer Versottung (Durchdringung der Mantelsteine eines Kamins mit Wasser), bei Wasser- und Heizleitungen die Gefahr des Einfrierens.

## Luftdichtheit

Durch undichte Anschlussfugen von Fenstern und Außentüren sowie durch sonstige Undichtheiten, z. B. Konstruktionsfugen, insbesondere von Außenbauteilen und Rollladenkästen, treten infolge des Luftaustauschs Wärmeverluste auf. Die Außenbauteile müssen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik luftdicht ausgeführt werden. Eine dauerhafte Abdichtung von Undichtheiten erfolgt nach DIN 4108-7. Die Fugendurchlässigkeit zwischen Flügelrahmen und Laibungsrahmen bei Fenstern und Fenstertüren wird durch den Fugendurchlasskoeffizienten  $a$  nach DIN 18055 bestimmt.

## Mindestluftwechsel

Auf einen ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie gegebenenfalls der Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z.B. Feueranlagenverordnungen der Bundesländer) zu achten. Die in der Bauphysik verwendete Luftwechselzahl  $n$  gibt an, wie oft das vorhandene Netto-raumvolumen in einer Stunde mit der Außenluft ausgetauscht wird. Der Mindestluftwechsel in Wohnräumen zum  $\text{CO}_2$ -Ausgleich und zur Feuchteabfuhr sollte etwa  $0,5 \text{ h}^{-1}$  betragen. Berücksichtigt man eine durchschnittliche Wohn- bzw. Nutzfläche von  $35 \text{ m}^2$  pro Person, ergibt sich bei lichten Raumhöhen von  $2,4 \text{ m}$  ein Wert von über  $40 \text{ m}^3/(\text{pers} \cdot \text{h})$ , der die Anforderungen der DIN 1946 an intensiv genutzte Wohn- und Aufenthaltsräume mit einem personenbezogenen Mindestluftwechsel von  $30 \text{ m}^3/(\text{pers} \cdot \text{h})$  deutlich übersteigt. Neben dem in der Regel über die Fensterlüftung oder über mechanische Lüftungsanlagen sicherzustellenden Luftwechsel ergibt sich ein unkontrollierbarer zusätzlicher Infiltrationsluftwechsel über die Bauteilfugen, Undichtheiten in der Gebäudehülle etc. Dieser liegt zwischen  $0,1 \text{ h}^{-1}$  bei sehr dichten und  $0,3 \text{ h}^{-1}$  bei weniger dichten Gebäuden. Die Rechenregeln der EnEV tragen diesem Umstand Rechnung, indem sie zwischen nachgewiesener und nicht nachgewiesener Luftdichtheit der Gebäudehülle unterscheiden.



### 3.4 Kellerwände

Die Nutzung des Kellers hat sich grundlegend gewandelt. Während der Keller früher fast ausschließlich zur Lagerung von Vorräten und als Abstellraum diente, wird er heute, insbesondere im Einfamilienhausbau, mehr und mehr in den eigentlichen Wohnbereich mit einbezogen. Man nutzt ihn für Spiel-, Hobby- oder Partyräume, für Hausarbeitsräume, Fitnessräume oder dergleichen. Mit der höherwertigen Nutzung des Kellers steigen auch die Ansprüche an den Wohnkomfort und das Raumklima im Kellerbereich. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, sind Ziegel auch hier ein idealer Wandbaustoff. Ziegelmauerwerk schafft das Raumklima, das für Nutzräume im erdberührten Bereich gewünscht wird. Durch ihre Diffusionsoffenheit und kapillare Leitfähigkeit nehmen POROTON-Ziegel die überschüssige Raumluftfeuchte auf, um diese dann kontinuierlich wieder abzugeben. Grundvoraussetzung für die höherwertige bzw. wohnraumähnliche Nutzung der Räume in Gebäuden ist, dass diese trocken, d. h. im Zustand der Ausgleichsfeuchte sind. Es muss deshalb grundsätzlich für einen dauerhaften Schutz gegen von außen einwirkende Feuchtigkeit gesorgt werden.

Bei erdberührten Wandkonstruktionen, z. B. bei Kellerwänden, sind in Bezug auf ihre Abdichtung besondere Maßnahmen zu treffen (vgl. Abbildung 3.7). Die Feuchtigkeitsbelastung kann grundsätzlich in vier Belastungsfälle eingeteilt werden:



3.7 Einschalige Außenwand mit teilweiser Abdichtung

- Bodenfeuchtigkeit
- nicht stauendes Sickerwasser
- aufstauendes Sickerwasser und Grundwasser
- drückendes Wasser.

Die in jeweiligen Belastungsfall erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen, Abdichtungsstoffe, Bemessungen und Ausführungen sind in DIN 18195 – Bauwerksabdichtungen Teile 1 bis 10 und für die häufiger verwendeten Emulsionsabdichtungen (Dickbeschichtungen) zusätzlich in der „Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen (KMB)“ [2] geregelt, die vom Verband Deutsche Bauchemie e.V. herausgegeben wird. Die wichtigsten Regeln sind auch im DGfM „Merkblatt zur Abdichtung von Mauerwerk“ [1] zusammengefasst.

Ziegelmauerwerk bietet für Bauwerksabdichtungen ein besonderes Maß an Sicherheit: Da Ziegelmauerwerk nicht schwindet, kommt es nicht zu Schwindrissen, die das Abdichtungssystem gefährden. Der Schutz der Abdichtung muss in jedem Fall vor dem Verfüllen der Baugrube durch eine Schutzmaßnahme entsprechend DIN 18195 Teil 10 sichergestellt werden. Der Auffüllschutz ist im Regelfall von der Abdichtung zu trennen. Er darf gleichzeitig eine Nutzschicht (senkrechter Teil der Dränanlage und/oder eine Perimeterdämmung) sein. Für den Belastungsfall „nicht drückendes Wasser“ ist die Anordnung einer Dränanlage nach DIN 4095 zu empfehlen. Tabelle 3.6 zeigt eine Übersicht zur Anwendung der bauaufsichtlichen Vorschriften zur Bauwerksabdichtung.

Tabelle 3.6: Zuordnung von Beanspruchungsarten und Abdichtungssystemen

1	Bauteilart, Wasserart, Einbausituation		Art der Wassereinwirkung	Abdichtungssystem
2	erdberührte Wände und Bodenplatten oberhalb des Bemessungswasserstandes, Kapillarwasser, Haftwasser, Sickerwasser	stark durchlässiger Boden (k<10-4m/s)	Bodenfeuchtigkeit und nicht stauendes Sickerwasser	PMB <sup>4</sup> ; einlagige Dichtungsbahnen nach DIN 181954; flexible Dichtschlämme <sup>2</sup>
3		mit Dränung <sup>1</sup>		
4	wenig durchlässiger Boden (k<104m/s)	ohne Dränung	aufstauendes Sickerwasser	PMB; ein-/zweilagige Dichtungsbahnen nach Abschnitt 9 <sup>3</sup>
5		erdberührte Wände und Bodenplatten unterhalb des Bemessungswasserstandes	drückendes Wasser	ein-/mehrlagige Dichtungsbahnen nach DIN 181956 Abschnitt 8

<sup>1</sup> Dränung nach DIN 4095

<sup>2</sup> Ausführung gemäß Richtlinie [2] mit Besteller vereinbaren!

<sup>3</sup> bis zu Tiefen von 3 m unter Geländeoberkante, sonst Zeile 5

<sup>4</sup> PMB: Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung (Polymer modified thick coatings)

# 3. Die einschalige Außenwand

Tabelle 3.7: Abdichtungen für unterschiedliche Beanspruchungsarten

Abdichtungsmaterial		Abdichtungsfall nach				
		DIN 18195-4			DIN 18195-6	
		Waagerechte Abdichtung in und unter Wänden	Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden		Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser	Abdichtung gegen austauendes Sickerwasser
Abdichtung von Bodenplatten	Abdichtung von Außenwandflächen					
Bitumenvoranstrichmittel				X		
Klebmassen und Deckaufstrichmittel, heiß zu verarbeiten				X		
Asphaltmastix und Gussasphalt			X			
Bitumen- und Polymerbitumenbahnen	Nackte Bitumenbahn R200 N n. DIN 52129		X		X	
	Bitumendachbahn mit Rohfilzeinlage R500 nach DIN 52128	X	X			
	Glasvlies-Bitumendachbahnen V13 nach DIN 52143		X	X		
	Dichtungsbahnen Cu 0,1 D n. DIN 18190-4		X	X	X	
	Bitumen-Dachdichtungsbahnen n. DIN 52130	X	X	X	X	
	Bitumen-Schweißbahnen nach DIN 52131		X	X		
	Polymerbitumen-Dachdichtungsbahnen, Bahnentyp PYE nach DIN 52132		X	X	X	
	Polymerbitumen-Schweißbahnen, Bahnentyp PYE nach DIN 52133		X	X		X
	Bitumen-Schweißbahnen mit 0,1 mm dicker Kupferbandeinlage noch bauaufsichtl. Prüfung		X	X		
	Polymerbitumen-Schweißbahnen mit hochliegender Trägereinlage aus Polyestervlies		X	X		
Edelstahlkaschierte Bitumen-Schweißbahnen nach bauaufsichtlicher Prüfung		X	X			
Kunststoff- und Elastomer-Dichtungsbahnen	Ethylencopolymerisat-Bitumen (ECB)-Bahnen nach DIN 16729	X	X	X	X	X
	Polysobutylen (PIB)-Bahnen n. DIN 16935	X	X	X	X	X
	Polyvinylchlorid weich (PVC-P)-Bahnen mit Glasvlieseinlage, nicht bitumenverträglich nach DIN 16735	X*	X	X		
	Polyvinylchlorid weich (PVC-p)-Bahnen, bitumenverträglich nach DIN 16937	X	X	X	X	X
	Polyvinylchlorid weich (PVC-p)-Bahnen, nicht bitumenverträglich nach DIN 16938	X*	X	X		X
	Polyvinylchlorid weich (PVC-p)-Bahnen, mit Verstärkung aus synthetischen Fasern, nicht bitumenverträglich nach DIN 16734	X*	X	X		
	Ethylen-Vinyl-Acetat-Terpolymer (EVA)-Bahnen, bitumenverträglich nach Tabelle 7 DIN 18195-2	X	X	X	X	X
	Elastomer (EPDM)-Bahnen nach DIN 7864-1, mit Beschichtung zur Nahtfügetechnik	X	X	X	X	X
	Elastomer-Dichtungsbahnen mit Selbstklebeschicht nach DIN 7864-1, mit Beschichtung für Nahtfügetechnik und Selbstklebeschicht	X	X	X	X	X
Elastomer-Dichtungsbahnen mit Selbstklebeschicht		X	X			
Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung (KMB)		X	X		X	
Kaltselbstklebende Bitumen-Dichtungsbahnen (KSK)		X	X			

\* dürfen nicht mit Bitumenwerkstoffen in Berührung kommen

In vielen Gemeinden ist es unzulässig, Dränagewasser in das öffentliche Abwassersystem einzuleiten. Somit sind in vielen Bausituationen Dränmaßnahmen nicht realisierbar. Dies ist bei der Wahl des Abdichtungssystems frühzeitig zu klären. Um eine Verbindung zwischen der Bodenplatten- und der Außenwandabdichtung herzustellen und um die aufgehenden Mauerwerkswände gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu

schützen, werden bei Bodenplatten, die nicht als wasserundurchlässiges Betonbauteil konzipiert und ausgeführt wurden, in der Regel waagerechte Abdichtungen in oder unter den Wänden (Querschnittsabdichtungen) erforderlich. Im Gegensatz zu den älteren Abdichtungsregeln ist nach DIN 18195 seit 2000 in Mauerwerkswänden nur noch eine einzige Querschnittsabdichtung vorzusehen. In der Regel wird sie unmittel-

bar auf der bis zur Fundamentaußenkante durchlaufenden Bodenplatte verlegt. Auf hoch beanspruchte, wasserdruckhaltende, mit Bahnen abgedichtete Wannenkonstruktionen, wie sie im Teil 6 von DIN 18195 genauer beschrieben werden, soll im Weiteren nicht eingegangen werden, da sie in der Regel nicht aus Mauerwerk bestehen.





# 3. Die einschalige Außenwand

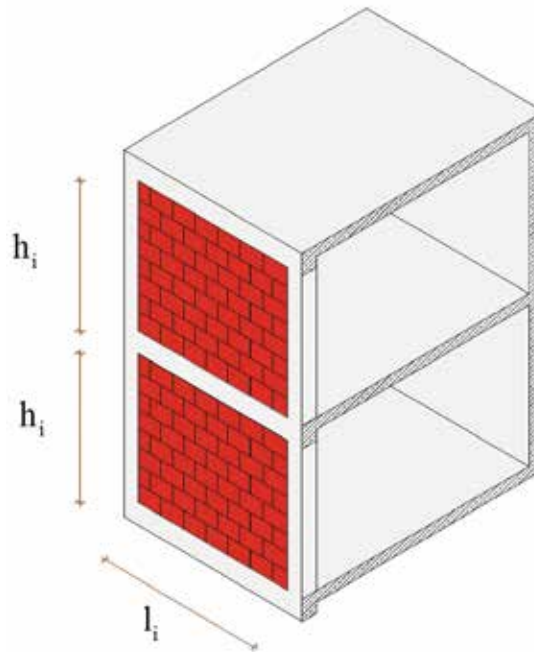
## 3.5 Ausfachungen mit Mauerwerk

Die hervorragenden baukonstruktiven und bauphysikalischen Eigenschaften von Ziegelwänden können auch bei Skelettbauten, bei denen die Lasten durch Stützen, Träger und Unterzüge abgetragen werden, genutzt werden, indem die entsprechenden Öffnungen mit nichttragendem Mauerwerk geschlossen werden.

Neben dem Geschossbau finden sich Anwendungen für Ausfachungen mit Mauerwerk vor allem im Industrie- und Gewerbebau.

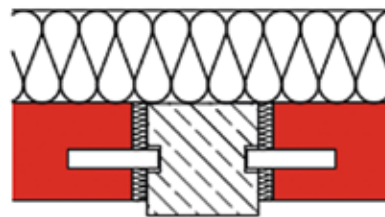
Bei Ausfachungen, bei denen neben dem Eigengewicht ausschließlich von außen wirkende Windlasten abzutragen sind, ist ein rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit nicht erforderlich, wenn die in Tabelle 3.8 festgelegten maximalen Ausfachungsflächen nicht überschritten werden. Bei der tabellarischen Festlegung dieser Flächen werden das Seitenverhältnis der Ausfachung (siehe Abbildung 3.9), die Dicke der Wand und – indirekt über die Gebäudehöhe – die einwirkende Windlast berücksichtigt. Bei den Festlegungen für Dryfix-Mauerwerk nach Tabelle 3.9 sind die maximalen Ausfachungsflächen für eine Einwirkung  $w_d = 1,0 \text{ KN/m}^2$  aus Wind angegeben. Für abweichende Einwirkungen können die Flächen ermittelt werden, indem diese linear angepasst werden. Voraussetzung für die Anwendung der beiden Tabellen ist, dass die Ausfachungswände vierseitig gehalten sind. Die Halterung kann durch Verzahnung, Versatz oder Anker hergestellt werden. Abbildung 3.10 zeigt beispielhaft für unterschiedliche Wanddicken einen Anschluss mit Maueranschlussschienen und -ankern.

Wenn die zulässigen Ausfachungsflächen nicht eingehalten werden können, so gibt es zwei Möglichkeiten: Zum einen kann die Ausfachungsfläche durch den Einbau zusätzlicher horizontaler oder vertikaler Riegel verkleinert werden. Wenn dies nicht möglich ist oder wenn z.B. bei großen offenen Hallen ein zusätzlicher Innendruck von den Wänden abzutragen ist, dann ist ein genauerer rechnerischer Nachweis erforderlich, der die Plattentragwirkung der Wand berücksichtigt.

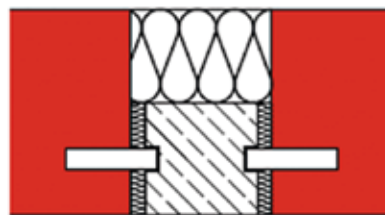


3.9 Ausfachungswände – Definition der Seitenlängen

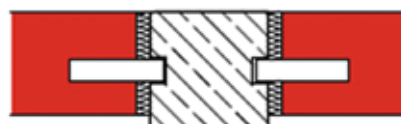
### Seitlicher Anschluss einer Außenwand mit Wärmedämmung



### Seitlicher Anschluss einer monolithischen Außenwand



### Seitlicher Anschluss ohne Anforderungen an die Wärmedämmung der Wand



3.10 Ausfachungswände – Seitlicher Anschluss



Tabelle 3.8: GröÙte zulässige Werte der Ausfachungsflächen für vierseitig gehaltene Wände - Allgemein

1	2	3	4	5
Wanddicke $t$ [mm]	größte zulässige Werte <sup>a,b</sup> der Ausfachungsfläche in m <sup>2</sup> bei einer Höhe von			
	0 m bis 8 m		8 m bis 20 m <sup>c</sup>	
	$h_i/l_i = 1,0$	$h_i/l_i \geq 2,0$ oder $h_i/l_i \leq 0,5$	$h_i/l_i = 1,0$	$h_i/l_i \geq 2,0$ oder $h_i/l_i \leq 0,5$
115 <sup>c,d</sup>	12	8	-	-
150 <sup>d</sup>	12	8	8	5
175	20	14	13	9
240	36	25	23	16
$\geq 300$	50	33	35	23

<sup>a</sup> Bei Seitenverhältnissen  $0,5 < h_i/l_i < 1,0$  und  $1,0 < h_i/l_i < 2,0$  dürfen die größten zulässigen Werte der Ausfachungsflächen geradlinig interpoliert werden.  
<sup>b</sup> Die angegebenen Werte gelten für Mauerwerk mindestens der Steindruckfestigkeitsklasse 4, mit Normalmauermörtel mindestens der Gruppe NM IIa und Dünnmörtel.  
<sup>c</sup> In Windzone 4 nur im Binnenland zulässig.  
<sup>d</sup> Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklasse  $\geq 12$  dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.

Tabelle 3.9: GröÙte zulässige Werte der Ausfachungsflächen für vierseitig gehaltene Wände – Dryfix-Mauerwerk

Wanddicke $t$ [mm]	größte Werte der Ausfachungsflächen $A_{wo}$ in m <sup>2</sup> für den Bemessungswert der Windlast <sup>1</sup> $w_{wo}=1,0$ kN/m <sup>2</sup>							
	$h_i/l_i^2$ (Verhältnis der Wandhöhe zur Wandlänge)							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,5	1,75	2,00
175	9,2	5,9	4,9	4,7	4,8	5,2	5,4	5,7
240	13,9	8,9	7,4	7,2	7,4	7,8	8,2	8,7
300	18,3	11,8	9,8	9,4	9,7	10,2	10,9	11,6
365	23,1	14,8	12,3	11,9	12,3	12,9	13,7	14,6
425	27,5	17,7	14,7	14,2	14,7	15,3	16,3	17,3

<sup>1</sup> Bei abweichenden Windlasten ist der Tabellenwert durch den Bemessungswert der Windlast  $w_d$  zu teilen: Tabellenwert /  $w_d$  [kN/m<sup>2</sup>]  
<sup>2</sup> Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.

## 3.6 Schrifttum

DIN 18195-4: 2011-12: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nicht stauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung

DIN 18195-6: 2011-12: Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser, Bemessung und Ausführung

DIN 18195-10: 2011-12: Schutzschichten und Schutzmaßnahmen

DIN V 18550: 2005-04: Putz und Putzsysteme – Ausführung

[1] Merkblatt zur Abdichtung von Mauerwerk, Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau (DGfM) e.V. Neuauflage 2013

[2] Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen (KMB), Verband Deutsche Bauchemie e.V.

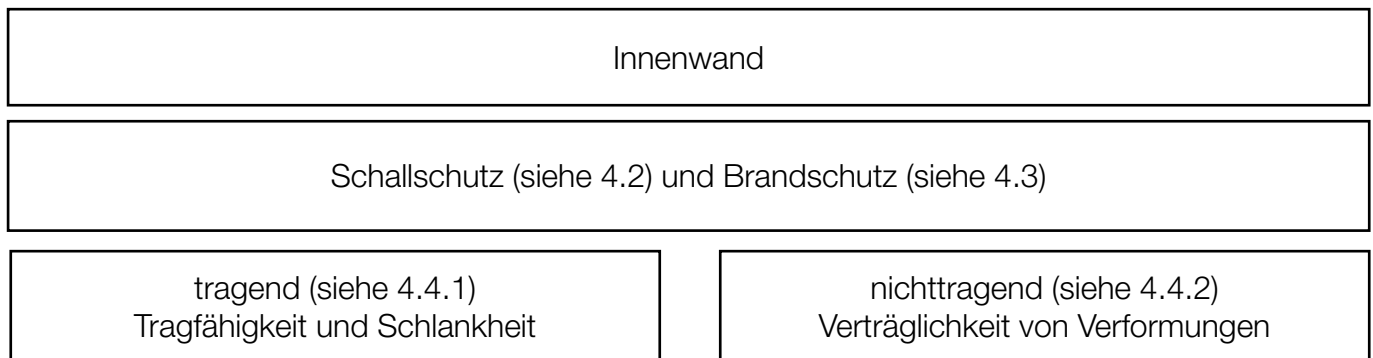
# 4. Innenwände

## 4.1 Baukonstruktive Anforderungen an Innenwände

Die konstruktiven Anforderungen an Innenwände ergeben sich aus der Funktion, wie Abb. 4.1 anschaulich aufzeigt. Innenwände sind erforderlich, um unterschiedliche Räume abzugrenzen. Mit dieser trennenden Funktion sind in der Regel konkrete Anforderungen an die Schalldämmung und an die Feuerwiderstandsdauer verknüpft. Grundsätzlich sollten im Mauerwerksbau schon beim Entwurf Räume und Innenwände so konzeptioniert werden, dass die vertikalen Lasten möglichst gleichmäßig abgetragen werden (vgl. Kapitel 2). Neben der trennenden Funktion übernehmen die tragenden Innenwände dann auch den Lastabtrag durchgehend vom Dach bis zur Gründung. Die größte Herausforderung liegt meist darin, die Wände möglichst schlank auszubilden, um ein Maximum der Grundfläche des Gebäudes als Nutzfläche zur Verfügung zu stellen. Die kleinste zulässige Dicke tragender Wände beträgt 11,5 cm. Allerdings sind bei diesen Ab-

messungen keine horizontalen Schlitzlöcher für Installationen zulässig ohne den genaueren rechnerischen Nachweis mit der Nettofläche, nach Abzug der Schlitztiefe (siehe Abschnitt 4.4.1). In der Regel werden deshalb tragende Innenwände mit Wanddicken von 17,5 cm oder 24 cm ausgeführt. Die konstruktiven Anschlüsse tragender Wände untereinander, mit dem Außenmauerwerk sowie zu den Stahlbetondecken sind dann denkbar einfach (siehe Abschnitt 4.4.1). Wenn zur Trennung von Räumen mehr Wände erforderlich sind als zum Abtrag der vertikalen Lasten, dann ist es sinnvoll, zusätzliche Wände nichttragend auszubilden. Damit wird auf der einen Seite die Flexibilität der Nutzung erhöht, da die Wände ohne größeren Aufwand auch wieder entfernt werden können. Auf der anderen Seite können zusätzliche – unnötige – tragende Wände den Lastfluss stören, wenn sich z.B. ungünstige Stützweitenverhältnisse für die Decken ergeben.

Die Ausführung nichttragender Wände aus Ziegelmauerwerk bietet Vorteile. So entfällt z.B. ein zusätzliches Gewerk, bei Verwendung von Ziegeln im Innen- und Außenbereich, was einen zügigen Bauablauf begünstigt. Darüber hinaus erreichen gemauerte nichttragende Wände sehr einfach die erforderlichen Standards hinsichtlich des Brandschutzes und des Schallschutzes. Die wichtigsten Herausforderungen bei der Konzeption der Anschlussdetails zwischen tragenden und nichttragenden Bauteilen liegen darin, Verformungen zuzulassen bzw. zu begrenzen. Zum einen soll sich eine Decke nicht auf die darunter angeordneten nichttragenden Wände auflegen, zum anderen müssen die Durchbiegungen von Decken, auf denen nichttragende gemauerte Wände stehen, auf Größen begrenzt werden, die für das nichttragende Mauerwerk unkritisch sind. Näheres dazu wird in Abschnitt 4.4.2 ausgeführt.



4.1 Funktionale Anforderungen an Innenwände

## 4.2 Exkurs – Schallschutz

Der Schallschutz enthält ganz wesentliche, übergeordnete Festlegungen, in denen konkrete Anforderungen an Wände und Decken mehrgeschossiger Bauten normativ geregelt sind. Unter dem Oberbegriff baulicher Schallschutz werden dabei Maßnahmen verstanden, die eine von einer Schallquelle ausgehende Schallübertragung inner- und außerhalb eines Gebäudes verringern. Der bauliche Schallschutz gehört zu den wichtigsten Kriterien für die Qualitätsbewertung eines Wohnhauses bzw. einer Wohnung. Der angesprochene bauliche Schallschutz setzt sich aus dem Luftschallschutz sowie dem Trittschallschutz zusammen. Weitere

maßgebende Größen sind der Schutz gegen Außenlärm sowie der Schutz gegen haustechnische Anlagen und Wasserinstallationen. Die beiden letztgenannten Aspekte werden im Folgenden nicht näher betrachtet. Der erforderliche Schallschutz von Außenbauteilen ist abhängig von der Lärmbelastung, welcher die Fassade einschließlich Fenstern und Türen ausgesetzt ist. Für Außenwände, bestehend aus massiver Wand einschließlich Fenster und/oder Türen, ergibt sich ein resultierendes Schalldämmmaß  $R'_{w,R, res}$ . Dabei wird die schalltechnische Qualität der Außenwand im Wesentlichen vom Schalldämmmaß

der verwendeten Fenster beeinflusst. In Abhängigkeit des maßgeblichen Außenlärmpegels und je nach Anteil der Fensterfläche ist eine entsprechende schalltechnische Fensterqualität zu wählen. Der Nachweis des Schutzes gegen Außenlärm kann mit üblichen monolithischen Konstruktionen sicher erreicht werden. Ausschlaggebend für die Wahl der Ziegelprodukte und der Wanddicke der Außenwand sind primär jedoch die Vorgaben, die sich aus den Anforderungen der Luftschallübertragung im Inneren eines Gebäudes, wie nachstehend dargelegt, ergeben.

## 4.2.1 Erläuterungen zum Schallschutz von Trennbauteilen nach DIN 4109:1989-11

### Schalldämmung

Die Schalldämmung von massiven Innenwänden hängt in erster Linie vom Gewicht je Flächeneinheit ab. Diese flächenbezogene Masse der Wand in  $\text{kg/m}^2$  ergibt sich aus der Dicke der Wand und deren Rohdichte. Zusätzliche Einflussgrößen sind z. B. Mauerwerksöffnungen, der Putzauftrag und die Ausbildung der Bauteilanschlüsse. Im Regelfall ist der Schalldämmwert der Massivwand besser als der von Türen und Fenstern. Eine Öffnung in der Trennwand vermindert die Schalldämmung erheblich. Bei zweischaligen (doppelschaligen) Haus-trennwänden reicht eine unbeabsichtigte Verbindung (z. B. Mörtelbrücke) aus, um den Schallschutz unwirksam werden zu lassen.

### Schalldämmmaß

Das Schalldämmmaß  $R$  beschreibt die Luftschalldämmung von Bauteilen und wird aus der Schallpegeldifferenz zwischen dem

Senderraum als Emissionsquelle und dem Empfangsraum unter Berücksichtigung der äquivalenten Absorptionsfläche  $A$  des Empfangsraums und der Fläche  $S$  des Trennbauteils ermittelt.

### Bewertetes Schalldämmmaß ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile

Das bewertete Schalldämmmaß  $R_w$  ist die Einzahlangabe des Schalldämmmaßes  $R$  zur einfachen Kennzeichnung der Schalldämmung von Trennbauteilen und beinhaltet keinerlei Einfluss aus den Flankenbauteilen. Unter Berücksichtigung der Verschiebung einer Bezugskurve bei 500 Hz wird das Schalldämmmaß angegeben und mit dem Index  $w$  versehen.

### Bewertetes Schalldämmmaß mit Schallübertragung über flankierende Bauteile

Das bewertete Schalldämmmaß  $R'_w$  wird

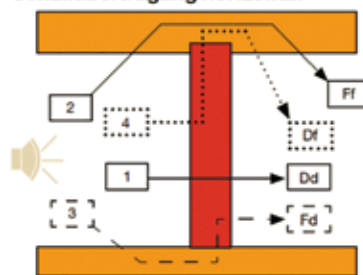
gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 unter Berücksichtigung der Nebenwegübertragung der flankierenden Bauteile ermittelt und ist somit im Gegensatz zum vorgenannten  $R_w$ -Wert keine reine Bauteilkenngröße. Als Nebenwegübertragung (flankierende Schallübertragung) werden alle Formen der Luftschallübertragung zwischen zwei benachbarten Räumen bezeichnet, die nicht direkt über das trennende Bauteil erfolgen. Gemäß DIN 4109:1989-11 wird diese Flankenschallübertragung mit einer flächenbezogenen Masse im Mittel von  $300 \text{ kg/m}^2$  berücksichtigt. Bei abweichenden mittleren flächenbezogenen Massen der Flanken werden zusätzliche Korrekturfaktoren in Ansatz gebracht. Dieses pauschale Nachweisverfahren der Schalldämmung berücksichtigt dementsprechend nur unzureichend die akustische Qualität der flankierenden Bauteile und vernachlässigt gänzlich die Art der Bauteilanschlüsse, der Stoßstellen.

## 4.2.2 Erläuterungen zum Schallschutz von Trennbauteilen nach DIN EN 12354-1 bzw. E DIN 4109

Im europäischen Berechnungsverfahren zur Luftschalldämmung zwischen Räumen nach DIN EN 12354-1 wird der hohen Bedeutung der flankierenden Schallübertragung Rechnung getragen. Alle an der Schallübertragung beteiligten Übertragungswege (Bauteile und Bauteilanschlüsse) werden einzeln erfasst. Die flankierende Schallübertragung wird somit zur elementaren Planungsaufgabe und akustische Schwachstellen können bereits im Vorfeld der Bauausführung identifiziert und beseitigt werden. Dieses ganzheitliche Berechnungsverfahren wird zukünftig in der neuen DIN 4109 das „alte“, aber derzeit immer noch gültige Rechenverfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 ersetzen (Abschnitt 4.2.1).

Jedes trennende Bauteil wird von insgesamt vier flankierenden Bauteilen begrenzt. Somit ergeben sich insgesamt zwölf flankierende Schallübertragungswege ( $F_f$ ,  $F_d$ ,  $D_f$ ) und der direkte Schalldurchgang durch das trennende Bauteil ( $D_d$ ) (vgl. Abbildung 4.2).

### Schallübertragung horizontal

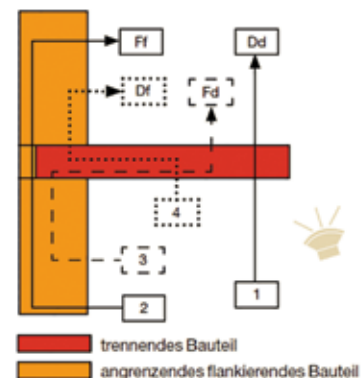


**Weg 1:** Anregung (D) und Abstrahlung (d) durch das trennende Bauteil, Übertragungsweg  $D_d$

**Weg 2:** Anregung der Flanke (F) und Abstrahlung durch die Flanke (f), Übertragungsweg  $F_f$

**Weg 3:** Anregung der Flanke (F) und Abstrahlung über das trennende Bauteil (d), Übertragungsweg  $F_d$

**Weg 4:** Anregung des trennenden Bauteils (D) und Abstrahlung über die Flanke (f), Übertragungsweg  $D_f$



4.2 Schallübertragung im horizontalen und vertikalen Schnitt

# 4. Innenwände

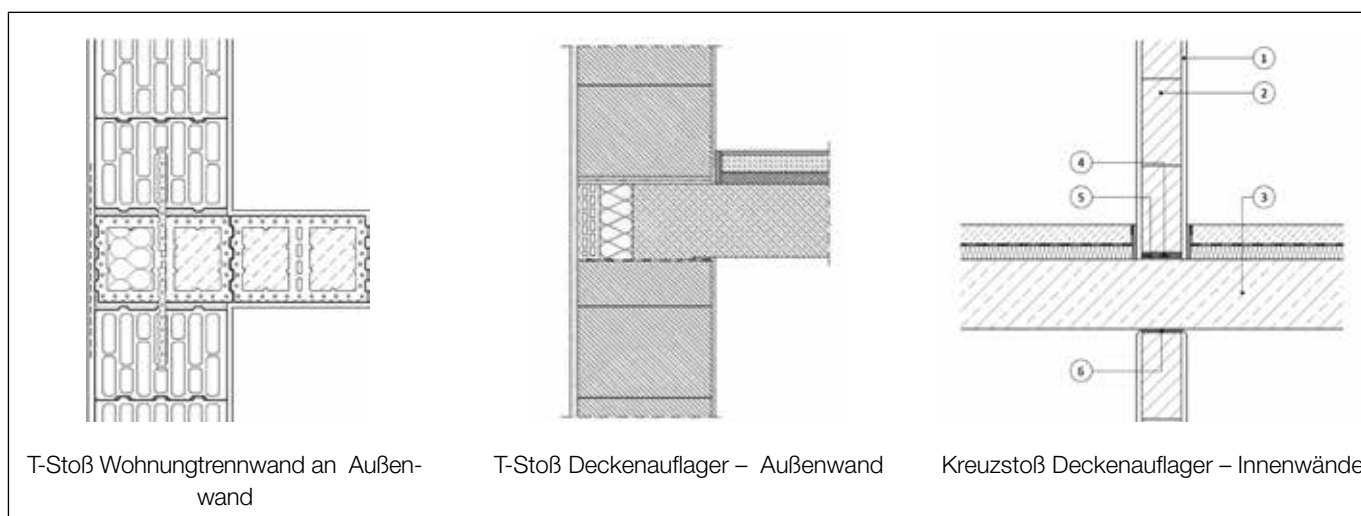
Insgesamt werden somit 13 Wege der Schallübertragung getrennt berechnet und anschließend aufsummiert. Die Flankenübertragung wird als Teil der Nebenwegübertragung ausschließlich über die das trennende Bauteil flankierenden Bauteile übertragen. Das bewertete Flankendämmmaß  $R_{ij,w}$  beschreibt das auf die Fläche des trennenden Bauteils bezogene Schalldämmmaß auf dem jeweiligen Übertragungsweg.

Bauteilverbindungen zwischen dem trennenden Bauteil und dessen flankierenden Bauteilen werden als Stoßstellen bezeichnet und i.d.R. T- oder kreuzförmig ausgebildet (Abb. 4.3). Die Art der Ausführung der Verbindungen beeinflusst die schalldämmende Wirkung wesentlich.

Das Stoßstellendämmmaß  $K_j$  ist Bestandteil der Flankendämmung und beruht darauf, dass eine Stoßstelle zwischen dem

trennenden und dem flankierenden Bauteil in Abhängigkeit von der Steifigkeit des Verbundes der Bauteile und deren Massenverhältnisse der Schallausbreitung einen Widerstand entgegengesetzt.

Das resultierende Bauschalldämmmaß  $R'_w$  eines trennenden Bauteils wird somit aus der akustischen Raumbilanz ermittelt und in hohem Maße durch die flankierenden Bauteile wie Außenwände, Innenwände und Decken beeinflusst.



4.3 typische Bauteilanschlüsse (Stoßstellen) im Mauerwerksbau mit Ziegel

## 4.2.3 Rechnerische Nachweisführung nach allgemein bauaufsichtlicher Zulassung Z-23.22-1787

Aus den Änderungen der Musterliste der Technischen Baubestimmungen Anlage 4.2/2, Fassung Dezember 2011, ergibt sich, dass der Nachweis der Luftschalldämmung in Gebäuden mit Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit einer Wanddicke > 240 mm und einer Rohdichteklasse < 1.0 nicht nach Beiblatt 1 DIN 4109:1989-11 zu führen ist. Diese Festlegung präzisiert den in Abschnitt 3.1 im Beiblatt 1 DIN 4109:1989-11 formulierten Anwendungsausschluss einer rechnerischen Nachweisführung bei flankierenden einschaligen Außenwänden.

Die Berechnung der Luftschalldämmung trennender Bauteile in Massivgebäuden mit einschaligen Außenwänden aus wärmedämmenden Hochlochziegeln ist deshalb derzeit abweichend von DIN 4109:1989-11 nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ) Z-23.22-1787 zu führen.

### Anwendungsbereich

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung gilt für die Berechnung der Luftschalldämmung in Wohngebäuden und Gebäuden wohnähnlicher Nutzung sowie wohngebäudeähnlichen Grundrissen in Gebäuden in Massivbauart. Dies schließt sowohl Ein- und Zweifamilienhäuser als auch den Geschosswohnungsbau ein. Die Berechnung der Luftschalldämmung in diesen Gebäuden gilt für Mauerziegel mit einer Wanddicke > 240 mm und einer Rohdichte < 1000 kg/m<sup>3</sup>.

### Nachweisführung

Durch die AbZ Z-23.22-1787 des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) ist der bauaufsichtlich geforderte Nachweis der Luftschalldämmung in Gebäuden aus Ziegeln mit den o. g. Eigenschaften nach dem vereinfachten Berechnungsmodell der Norm DIN EN 12354-1 zu führen. Von der Ziegelindustrie wurde hierzu ein Anwendungsprogramm entwickelt. Dieses Rechenprogramm berücksichtigt neben den akustischen Eigenschaften von Ziegelmauerwerk zusätzlich die schalltechnischen Qualitäten verschiedenster Bauteilanschlüsse (Stoßstellen) im Mauerwerksbau mit Ziegel.

## 4.2.4 Anforderungen an den Schallschutz

Nach dem Bauordnungsrecht legt die DIN 4109:1989-11 den vorgesehenen Mindestschallschutz zwischen fremden Nutzungsbereichen fest und enthält Anforderungen an den Luft- und Trittschallschutz von trennenden Bauteilen zwischen benachbarten Wohn- und Nutzungseinheiten (Wohnungs- und Flurtrennwände, Wohnungstrenndecken, Haustrennwände etc.) innerhalb

eines Gebäudes und an den Schutz gegenüber Außenlärm an die Gebäudehülle. Die Mindestanforderungen dieser Norm spiegeln jedoch den heute vielfach geforderten Wohnkomfort nicht wider. Hier sollte dann ein erhöhter Schallschutz geplant und ausgeführt werden. Definitionen im Zusammenhang mit einem erhöhten Schallschutz bietet das Beiblatt 2 zur

DIN 4109:1989-11 bzw. die VDI-Richtlinie 4100 (siehe Tab. 4.1). Erhöhte Anforderungen, die über den üblichen, normativen Schallschutz hinausgehen, müssen bereits bei der Planung eines Gebäudes berücksichtigt und gesondert vertraglich vereinbart werden.

Tabelle 4.1: Fremder Wohn- und Arbeitsbereich. Normative Anforderungen bzw. Definitionen für einen erhöhten Schallschutz gemäß Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989-11 und VDI 4100 (2007/2012) für den Luft- und Trittschallschutz in Mehrfamilienhäusern

Norm	Luftschaallschutz		Trittschallschutz	
	Anforderungsgröße	Wohnungstrennwände/ Wohnungstrenndecken [dB]	Anforderungsgröße	Wohnungstrenndecke [dB]
E DIN 4109 <sup>1</sup>	$R'_w$	53/54	$L'_{n,w}$	50
DIN 4109:1989-11	$R'_w$	53/54	$L'_{n,w}$	53
DIN 4109:1989 Bbl.2	$R'_w$	55/55	$L'_{n,w}$	46
VDI 4100 – SSt I 2007/2012	$R'_w$ $D_{nT,w}$	53/54 56/56	$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$	53 51
VDI 4100 – SSt II 2007/2012	$R'_w$ $D_{nT,w}$	56/57 59/59	$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$	46 44
VDI 4100 – SSt III 2007/2012	$R'_w$ $D_{nT,w}$	59/60 64/64	$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$	39 37

<sup>1</sup> E DIN 4109 – Entwurfsfassung 2013-11

## 4.2.5 Kennwerte für POROTON-Mauerwerk

Die folgenden Angaben erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und sind Auszüge aus technischen Unterlagen, in denen die Informationen ausführlich im Zusammenhang dargestellt sind. Sie sollen lediglich einen Anhalt für wichtige technische Kennziffern bilden.

### Rechenwert des bewerteten Schalldämmmaßes $R'_{w,R}$ nach DIN 4109:1989-11

Die nachstehend bewerteten Schalldämmmaße  $R'_{w,R}$  wurden gemäß DIN 4109:1989-11 Beiblatt 1 unter Berücksichtigung einer flächenbezogenen Masse  $m_{L,mittel}$  von 300 kg/m<sup>2</sup> für alle flankierenden Bauteile ermittelt. Für abweichende mittlere flächenbezogene Massen siehe DIN 4109:1989-11 Beiblatt 1, Abschnitt 3.2.

Berücksichtigt wurde ein beidseitiger Innenputz (ca. 30 kg/m<sup>2</sup>). Die bewerteten Schalldämmmaße  $R'_{w,R}$  zweischaliger Haustrennwände gelten ab dem Erdgeschoss unterkellerten Gebäude. Ist ein Reihenhaus nicht unterkellert bzw. erfolgt die Unterkellerung in Ausführung einer „weißen Wanne“, ohne Trennung der Fundamente, ist mit einer Minderung des Schallschutzes um ca. 5 dB zu rechnen.



# 4. Innenwände

Tabelle 4.2: Bewertete Schalldämmmaße  $R'_{w,R}$  für Ziegelmauerwerk nach DIN 4109:1989-11  
[Quelle: Wienerberger GmbH]

Bezeichnung	Rohdichte- klasse	einschalige, beidseitig verputzte Innenwände				zweischalige Haustrennwände inkl. 3,0 cm Trennfuge mit Faserdämmplatten			
		Ziegeldicke [cm]	flächen- bezogene Masse $m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Schalldämm- maß $R'_{w,R}$ [dB]	Wanddicke [cm]	Ziegeldicke [cm]	flächen- bezogene Masse $m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Schalldämm- maß $R'_{w,R}$ [dB]	Wanddicke [cm]
<b>Planziegel nach Zulassung (mit Dünnbettmörtel)</b>									
<b>HLz-Plan-T</b> Z-17.1-868	0,8	11,5	116	<b>38</b>	14,5				
	0,9	17,5	179	<b>43</b>	20,5	2 x 17,5	328	<b>62</b>	41,0
24,0		234	<b>46</b>	27,0	2 x 24,0	438	<b>66</b>	54,0	
<b>HLz-Plan-T 1,2</b> Z-17.1-868/-1108	1,2	11,5	157	<b>42</b>	14,5				
		17,5	223	<b>46</b>	20,5	2 x 17,5	415	<b>65</b>	41,0
		24,0	294	<b>49</b>	27,0	2 x 24,0	558	<b>69</b>	54,0
<b>HLz-Plan-T 1,4</b> Z-17.1-868/-1108/-1141	1,4	11,5	180	<b>43</b>	14,5				
		17,5	258	<b>47</b>	20,5	2 x 17,5	485	<b>67</b>	41,0
		24,0	342	<b>51</b>	27,0	2 x 24,0	654	<b>70</b>	54,0
		<b>Füllziegel</b>							
<b>Planfüllziegel PFZ-T</b> Z-17.1-537/-559* Füllbeton $\geq$ C 12/15	2,0	17,5	363	<b>52<sup>1)</sup></b>	20,5	2 x 17,5	695	<b>71</b>	41,0
		24,0	486	<b>55<sup>1)</sup></b>	27,0	2 x 24,0	942	<b>75</b>	54,0
		30,0*	600	<b>57<sup>2)</sup></b>	33,0				
<b>Blockziegel nach DIN V 105-100/DIN EN 771 (mit Normalmörtel)</b>									
<b>HLz-Block-T</b>	0,8	11,5	124	<b>39</b>	14,5				
	0,9	17,5	189	<b>44</b>	20,5	2 x 17,5	349	<b>63</b>	41,0
		24,0	248	<b>47</b>	27,0	2 x 24,0	467	<b>66</b>	54,0
<b>HLz-Block-T 1,2</b>	1,2	11,5	166	<b>42</b>	14,5				
		17,5	237	<b>46</b>	20,5	2 x 17,5	443	<b>66</b>	41,0
		24,0	313	<b>50</b>	27,0	2 x 24,0	596	<b>69</b>	54,0
<b>HLz-Block-T 1,4</b>	1,4	11,5	186	<b>44</b>	14,5				
		17,5	268	<b>48</b>	20,5	2 x 17,5	506	<b>67</b>	41,0
		24,0	356	<b>51</b>	27,0	2 x 24,0	683	<b>71</b>	54,0
<b>Kleinformat 0,9</b> NF – 3 DF	0,9	11,5	135	<b>40</b>	14,5				
		17,5	189	<b>44</b>	20,5	2 x 17,5	349	<b>63</b>	41,0
		24,0	248	<b>47</b>	27,0	2 x 24,0	467	<b>66</b>	54,0
<b>Mauerziegel 1,4</b> NF – 3 DF	1,4	11,5	186	<b>44</b>	14,5				
		17,5	268	<b>48</b>	20,5	2 x 17,5	506	<b>67</b>	41,0
		24,0	356	<b>51</b>	27,0	2 x 24,0	683	<b>71</b>	54,0
<b>Mauerziegel 1,8</b> NF – 5 DF	1,8	11,5	228	<b>46</b>	14,5				
		17,5	331	<b>50</b>	20,5	2 x 17,5	632	<b>70</b>	41,0
		24,0	443	<b>54</b>	27,0	2 x 24,0	856	<b>74</b>	54,0
		30,0	546	<b>56</b>	33,0				
<b>Mauerziegel 2,0</b> NF – 5 DF	2,0	11,5	249	<b>47</b>	14,5				
		17,5	363	<b>52</b>	20,5	2 x 17,5	695	<b>71</b>	41,0
		24,0	486	<b>55</b>	27,0	2 x 24,0	942	<b>75</b>	54,0
		30,0	600	<b>57<sup>2)</sup></b>	33,0				

Bewertete Schalldämmmaße  $R'_{w,R}$  rechnerisch ermittelt nach DIN 4109:1989-11 Beiblatt 1, baupraktische Abweichungen möglich.

<sup>1)</sup> bewertete Schalldämmmaße  $R'_{w,R}$  nach Eignungsprüfung

<sup>2)</sup> Höchstwerte für einschalige Wände nach DIN 4109:1989-11 Beiblatt 1

### **Bewertete Direkt-Schalldämmmaße $R_{w,R}$ nach E DIN 4109 / DIN EN 12354-1 / Z-23.22-1787**

Die vorgenannten Berechnungsverfahren benötigen als Eingangswerte für die Berechnung des resultierenden Bauschalldämmmaßes  $R'_w$  eines trennenden Bauteils die bauteilspezifischen Direkt-Schalldämmmaße  $R_{w,R}$  aller Bauteile (Trennbauteil und Flankenbauteile). Diese Direkt-Schalldämmmaße  $R_{w,R}$  sind nicht mit den bisherigen Schalldämmmaßen  $R'_{w,R}$  der geltenden DIN 4109:1989-11 vergleichbar!

In der Tabelle 4.3 sind die Direkt-Schalldämmmaße  $R_{w,R}$  verschiedener Wandkonstruktionen in Abhängigkeit des Lagerfugenmörtels dargestellt. Einschalige Innenwände wurden mit einem beidseitigen Kalkgipsputz mit jeweils 15 mm Dicke ( $2 \times 15 \text{ kg/m}^2$ ) berücksichtigt. Grundsätzlich kann für Mauerziegel mit einer Wanddicke  $\leq 24,0 \text{ cm}$  oder einer Rohdichte  $\geq 900 \text{ kg/m}^3$  das Direkt-Schalldämmmaß  $R_{w,R}$  aus der flächenbezogenen Masse nach nachstehender Formel berechnet werden.

$$R_{w,R} = 30,9 \cdot \log(m'/m'_0) - 22,2 \text{ [dB]}$$

mit

$m'$  = flächenbezogene Masse der Wand einschließlich Putzschichten

$m'_0 = 1 \text{ kg}$ .

Die Ermittlung des Direkt-Schalldämmmaßes  $R_w$  für Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln mit Wanddicken  $> 24,0 \text{ cm}$  und einer Rohdichte  $< 1000 \text{ kg/m}^3$  erfolgt gemäß der normativen Bestimmungen in Prüfständen unter Berücksichtigung einer Verlustfaktor-Korrektur (In-situ-Korrektur). Diese korrigierten Direkt-Schalldämmmaße  $R_{w,Bau,ref}$  sind Prüfzeugnissen zu entnehmen. In Tabelle 4.3 sind exemplarisch Werte einschaliger Außenwandkonstruktionen aus Ziegeln für die Verwendung im mehrgeschossigen Wohnungsbau dargestellt. Die Wandaufbauten enthalten einen 20 mm mineralischen Leichtputz und 15 mm Kalkgipsputz ( $1 \times 20 \text{ kg/m}^2$  und  $1 \times 15 \text{ kg/m}^2$ ).

# 4. Innenwände

Tabelle 4.3: Bewertete Direkt-Schalldämmmaße  $R_{w,R}$  für Ziegelmauerwerk nach E DIN 4109 / DIN EN 12354-1 / Z-23.22-1787 [Quelle: Wienerberger GmbH]

Bezeichnung	Rohdichteklasse	Ziegeldicke [cm]	flächenbezogene Masse $m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Direkt-Schalldämmmaß $R_{w,R}$ [dB]	Wanddicke [cm]
<b>einschalige, beidseitig verputzte Außenwände im Objektbau</b>					
<b>Planziegel nach Zulassung (mit Dünnbettmörtel)</b>					
<b>S8-P / S8</b> Z-17.1-1120	0,75	36,5	gemäß Anforderung oberste Bauaufsicht (DIBt), Zulassung Z-23.22-1787	<b>48,2<sup>1)</sup></b>	40,0
		42,5		<b>48,7<sup>1)</sup></b>	46,0
		49,0		<b>≧ 48<sup>2)</sup></b>	52,5
<b>S8-MW / FZ8</b> Z-17.1-1104	0,75	36,5		<b>48<sup>1)</sup></b>	40,0
		42,5		<b>48,5<sup>1)</sup></b>	46,0
		49,0		<b>≧ 48<sup>2)</sup></b>	52,5
<b>S9-P / S9</b> Z-17.1-1058	0,70	30,0		<b>≧ 48<sup>2)</sup></b>	33,5
		36,5		<b>49,2<sup>1)</sup></b>	40,0
		42,5		<b>48,4<sup>1)</sup></b>	46,0
<b>S9-MW / FZ9</b> Z-17.1-1100	0,90	30,0		<b>≧ 48<sup>2)</sup></b>	33,5
		36,5		<b>≧ 50<sup>2)</sup></b>	40,0
		42,5		<b>≧ 48<sup>2)</sup></b>	46,0
<b>S10-P / S10</b> Z-17.1-1017	0,75	30,0	<b>48,8<sup>1)</sup></b>	33,5	
		36,5	<b>52,0<sup>1)</sup></b>	40,0	
		42,5	<b>49,1<sup>1)</sup></b>	46,0	
<b>S10-MW / FZ10</b> Z-17.1-1101 / -1034	0,80	30,0	<b>48<sup>2)</sup> / 48,8<sup>1)</sup></b>	33,5	
		36,5	<b>51,1<sup>1)</sup> / 52,0<sup>1)</sup></b>	40,0	
		42,5	<b>49,3<sup>1)</sup> / 49,1<sup>1)</sup></b>	46,0	
<b>Plan-T 14</b> Z-17.1-651	0,70	30,0		<b>48,2<sup>1)</sup></b>	33,5
<b>einschalige, beidseitig verputzte Innenwände</b>					
<b>Planziegel nach Zulassung (mit Dünnbettmörtel)</b>					
<b>HLz-Plan-T</b> Z-17.1-868	0,9	17,5	179	<b>47,4</b>	20,5
		24,0	234	<b>51,0</b>	27,0
<b>HLz-Plan-T 1,2</b> Z-17.1-868/-1108	1,2	11,5	157	<b>45,6</b>	14,5
		17,5	223	<b>50,3</b>	20,5
<b>HLz-Plan-T 1,4</b> Z-17.1-868/-1108/-1141	1,4	24,0	294	<b>54,1</b>	27,0
		11,5	180	<b>47,5</b>	14,5
<b>Planfüllziegel PFZ-T</b> Z-17.1-537/-559* Füllbeton $\geq$ C 12/15	2,0	17,5	363	<b>56,9</b>	20,5
		24,0	486	<b>60,8</b>	27,0
		30,0*	600	<b>63,6</b>	33,0
<b>Blockziegel nach DIN 105-100 / DIN EN 771 (mit Normalmörtel)</b>					
<b>HLz-Block-T</b>	0,9	17,5	189	<b>48,2</b>	20,5
		24,0	248	<b>51,8</b>	27,0
<b>HLz-Block-T 1,2</b>	1,2	11,5	166	<b>46,4</b>	14,5
		17,5	237	<b>51,2</b>	20,5
<b>HLz-Block-T 1,4</b>	1,4	24,0	313	<b>54,9</b>	27,0
		11,5	186	<b>48,0</b>	14,5
<b>Kleinformate 0,9</b> NF – 3 DF	0,9	17,5	268	<b>52,8</b>	20,5
		24,0	356	<b>56,7</b>	27,0
<b>Mauerziegel 1,4</b> NF – 3 DF	1,4	11,5	135	<b>43,6</b>	14,5
		17,5	189	<b>48,2</b>	20,5
<b>Mauerziegel 1,8</b> NF – 5 DF	1,8	24,0	248	<b>51,8</b>	27,0
		11,5	186	<b>48,0</b>	14,5
<b>Mauerziegel 2,0</b> NF – 5 DF	2,0	17,5	268	<b>52,8</b>	20,5
		24,0	356	<b>56,7</b>	27,0
<b>Mauerziegel 1,8</b> NF – 5 DF	1,8	11,5	228	<b>50,6</b>	14,5
		17,5	331	<b>55,7</b>	20,5
<b>Mauerziegel 2,0</b> NF – 5 DF	2,0	24,0	443	<b>59,6</b>	27,0
		11,5	249	<b>51,8</b>	14,5
		17,5	363	<b>56,9</b>	20,5
		24,0	486	<b>60,8</b>	27,0

Baupraktische Abweichungen möglich.

<sup>1)</sup> Direkt-Schalldämmmaße  $R_{w,Bau,ref}$  aus Eignungsprüfung

<sup>2)</sup>  $R_{w,Bau,ref}$  nicht geprüft – angegebener Wert kann auf der sicheren Seite liegend angenommen werden

## 4.2.6 Planungshinweise zum Schallschutz mit Ziegel

Um den Luftschallschutz der Wohnungstrennwände sicherzustellen, empfehlen wir die Verwendung von 24,0 cm dicken, mit Beton ( $\geq C 12/15$ ) gefüllten Planfüllziegeln. Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz werden durch eine optimierte Stoßstellenausbildung ermöglicht. Hierzu ist die Wohnungstrennwand in die einschalige Außenwand mindestens zur Hälfte einzubinden bzw. durchzubinden (vgl. Abb. 4.3). Alternativ bzw. zusätzlich kann die Wohnungstrennwand in Planfüllziegel der Wandstärke 30,0 cm ausgeführt werden.

Wohnungstrenndecken sollten ebenfalls eine ausreichend hohe Direkt-Schalldämmung aufweisen. Deckenstärken ab 20,0 cm mit schwimmender Estrichkonstruktion erfüllen die heutigen Anforderungen an den Luftschall- und Trittschallschutz. Um die flankierende Schallübertragung auch hier zu optimieren, sind die Geschossdecken zu 2/3 in die einschalige Außenwand einzubinden, und unter- sowie oberhalb der

Geschossdecke ist eine besandete Bitumendachbahn R500 anzuordnen.

Im Geschosswohnungsbau werden oftmals leichte nichttragende Innenwände als Raumtrennwände angeordnet. Werden diese Wände ( $m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$ ) massiv in Ziegeln ausgeführt und mittels Stumpfstoßtechnik an eine Wohnungstrennwand oder eine Geschossdecke angeschlossen, bieten diese ein ideales Sprungbrett für den Schall. Eine Minderung der Flankenschalldämmung und daraus resultierend eine Reduzierung des Schalldämmmaßes  $R'_w$  des trennenden Bauteils sind die Folge. Leichte nichttragende, massive Innenwände sind demzufolge schalltechnisch zu entkoppeln oder alternativ mit einer höheren flächenbezogenen Masse auszuführen. Für die schalltechnische Entkopplung hat die Ziegelindustrie ein Ziegel-Innenwand-System ZIS entwickelt. Das System besteht aus weichen Trennprofilen (Entkopplungs-Anschluss-Profil EAP), die die Körperschall-

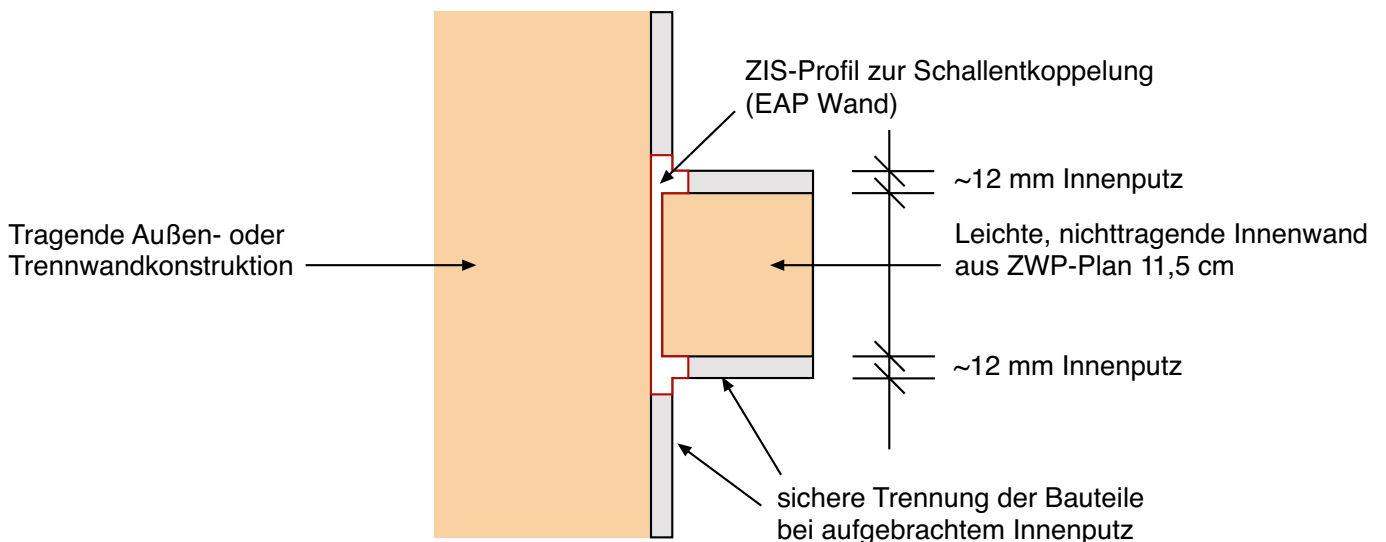
übertragung in angrenzende Bauteile deutlich reduzieren und eine Putzüberbrückung verhindern (Abb.4.4).

Da der Schallschutz in einem Gebäude u. a. von der schalltechnischen Qualität der Außenwand abhängt, hat die Ziegelindustrie für wärmedämmendes monolithisches Mauerwerk im Geschosswohnungsbau schalltechnisch optimierte Produkte entwickelt. Für einen bauordnungsrechtlichen (Mindest-)Schallschutz sollten Ziegel mit einem Direkt-Schalldämmmaß  $R_{w,Bau,ref}$  von ca. 48 dB und für einen erhöhten Schallschutz mit einem  $R_{w,Bau,ref}$  von  $\geq 50 \text{ dB}$  geplant und ausgeführt werden.

Die vorgenannten Werte und Empfehlungen dienen der Orientierung. Aussagen zum objektbezogenen Schallschutz kann und muss der entsprechende schalltechnische Nachweis erbringen.

### Verarbeitungsdetail

Wandanschluss leichte nichttragende Innenwand mit dem Ziegel-Innenwand-System (ZIS)



4.4 Ziegel-Innenwand-System ZIS – Wandanschluss im Horizontalschnitt

# 4. Innenwände

## 4.3 Exkurs – Brandschutz

POROTON-Ziegel sind ein nicht brennbarer Baustoff und daher in die anspruchsvollste Baustoffklasse „A“ (nicht brennbar) eingestuft.

### Feuerwiderstandsklasse

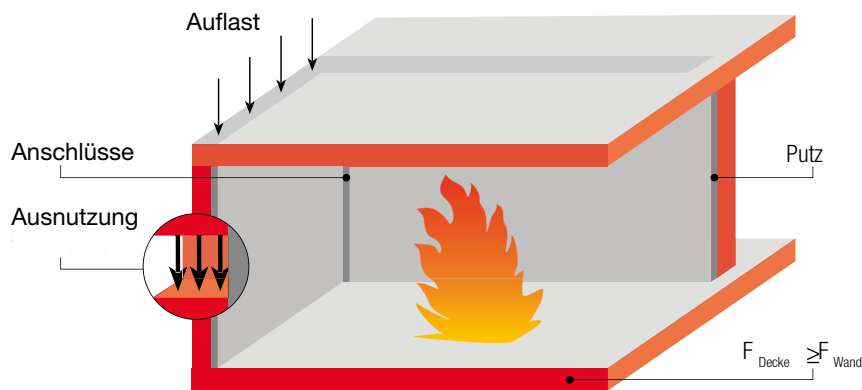
Die Feuerwiderstandsklasse eines Bauteils gibt an, wie lange ein Bauteil mindestens dem Feuer ausgesetzt werden kann, ohne durch den Brand zerstört zu werden. Die Einstufung von Baustoffen bzw. Bauteilen in Feuerwiderstandsklassen erfolgt nach DIN EN 1996-1-2 bzw. nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. Dabei sind die Wahl der Baustoffe, die Art der statischen Beanspruchung sowie die Art der Brandbeanspruchung von Bedeutung. Zahlreiche Ziegelprodukte erreichen schon in der Wanddicke 11,5 cm die Feuerwiderstandsklasse F 90, d.h., sie halten im Brandfall dem Feuer mindestens 90 Minuten lang stand.

### Einflüsse auf den Feuerwiderstand

Neben der Steinart und der Dicke einer Wand beeinflussen auch der Ausnutzungsgrad  $\alpha$  und die Putzoberfläche den Feuerwiderstand.

### Brandwände

Brandwände müssen aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen (Baustoffklasse A) und mindestens der Feuerwiderstandsklasse F 90 angehören. Gleichzeitig müssen sie einer dynamischen Stoßbeanspruchung unter Feuereinwirkung standhalten. Brandwände aus Ziegel lassen sich bereits ab 17,5 cm Dicke erstellen.



### 4.5 Feuerwiderstand von Mauerwerkswänden

Der erforderliche Brandschutz ist in den jeweiligen Landesbauordnungen definiert.



Produktbezeichnung Poroton-Ziegel Zulassung DIBt	Rohdichteklasse	Wandstärke [cm]	Feuerwiderstandsklasse, Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 1,0$ nach DIN 1053-1 wenn nicht anders beschrieben  <sup>1</sup> Berechnung gem. Zulassung für Wandhöhe 2,60m und planmäßige Ausmitte $e \leq t/3$ für Knicklängenberechnung nach EC 6 <sup>2</sup> Ausnutzungsfaktor $\alpha_n = 0,20$ bei Festigkeitsklasse 12 bzw. 0,16 bei Festigkeitsklasse 8	Brandwand (REI und EI-M 90)  Ausnutzungsfaktoren gemäß tragende, raumabschließende Wände (REI), wenn nicht anders beschrieben	
			tragende raumabschließende Wände (einseitige Brandbeanspruchung) (REI)	einschalig	zweischalig
beidseitig verputzt mit Gipsputzmörtel oder Leichtputz nach DIN EN 1996-1-2:2011-4					
<b>T7-P</b> Z-17.1-1103	0,55	≥ 36,5	-	-	-
<b>T7</b> Z-17.1-1057	0,60	≥ 36,5	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,61$	●	●
<b>T7-MW / FZ7</b> Z-17.1-1060	0,55	≥ 36,5	F 90-A $\alpha_n \leq 0,7$	●	●
<b>T8-P / T8</b> Z-17.1-982	0,60	≥ 30,0	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,61$	-	-
<b>T8-MW</b> Z-17.1-1041	0,65	≥ 36,5	F 90-A $\alpha_n \leq 0,55$	-	-
<b>T9-P/ T9</b> Z-17.1-674	0,65	≥ 36,5	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,61$	○	○
<b>S8-P / S8</b> Z-17.1-1120	0,75	≥ 36,5	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,56$	-	-
<b>S8-MW / FZ8</b> Z-17.1-1104	0,75	30,0	F 30-A $\alpha_n \leq 0,55^{*1}$	-	-
		≥ 36,5	F 90-A $\alpha_n \leq 0,58$	●	●
<b>S9-P / S9</b> Z-17.1-1058	0,70	≥ 30,0	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,57$	-	-
<b>S9-MW / FZ9</b> Z-17.1-1100	0,9	≥ 30,0	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,57$	●	●
<b>S10-P / S10</b> Z-17.1-1017	0,75	≥ 30,0	F 90-AB $\alpha_n \leq 0,57$	-	-
<b>S10-MW</b> Z-17.1-1101	0,80	≥ 36,5	F 90-A $\alpha_n \leq 0,58$	●	●
<b>FZ10</b> Z-17.1-1034	0,80	≥ 30,0	F 90-A $\alpha_n \leq 0,57$	●	●
<b>Plan-T8 / U8</b> Z-17.1-1085	0,60	≥ 36,5	F 30-A	-	-
<b>Plan-T9/ Plan-T10* / U9</b> Z-17.1-890	0,65/ 0,70*	≥ 36,5	F 30-A	-	-
<b>Plan-T10</b> Z-17.1-889	0,65	30,0	F 90-A	●	●
		36,5	F 90-A	●	●
<b>Plan-T12</b> Z-17.1-877	0,65	24,0	F 30-A $\alpha_n \leq 0,6^{*1}$	-	-
		≥ 30,0	F 90-A (mit VD) $\alpha_n \leq 0,48$	● (mit VD)	● (mit VD)
<b>Plan-T14</b> Z-17.1-651	0,70	24,0	F 30-A $\alpha_n \leq 0,60^{*1}$	-	-
		≥ 30,0	F 90-A $\alpha_n \leq 0,57^{*1}$	● (mit VD)*2	● (mit VD)*2

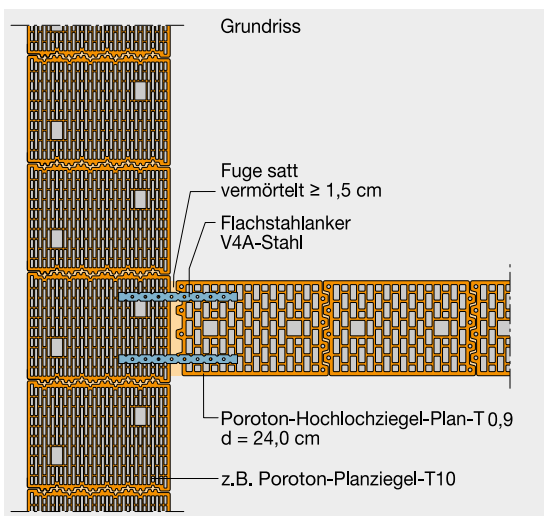
○ Prüfbericht liegt vor. Detaillierte Regelungen der Bundesländer sind zu beachten.

# 4. Innenwände

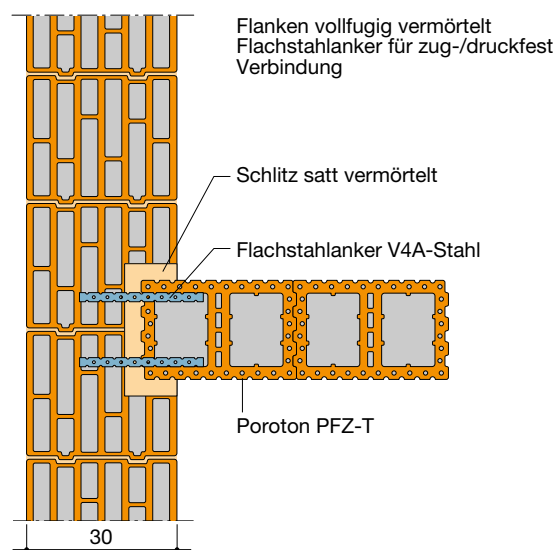
## 4.4 Konstruktionsprinzipien und Leitdetails

### 4.4.1 Tragende Wände

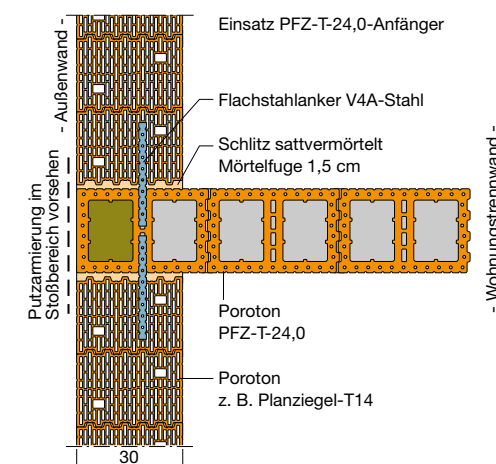
Innenwände weisen typischerweise eine hohe Tragfähigkeit auf. Es stehen Hochlochziegel der Druckfestigkeitsklassen 8, 12 und 20 zur Verfügung. Diese Ziegel entsprechen den Rohdichteklassen 0,8 bis 1,4 und sind für viele Anwendungen hinsichtlich des Schallschutzes ausreichend. Für höhere Anforderungen bei Wohnungstrennwänden können Planfüllziegel eingesetzt werden. Das Verfüllen mit einem Beton  $\geq$  C12/15 erfolgt am einfachsten zusammen mit dem Betonieren der Decke. Beim Fügen von tragenden Innenwänden ist wie bei den Außenwänden darauf zu achten, dass das Konstruktionsprinzip der durchgehenden horizontalen Ebene (vgl. Kapitel 2) nirgends verletzt wird. D.h., auch hier sind die Stürze über Öffnungen der Wand zuzuordnen und nicht als Plattenbalken auszuführen. Mit dem Einlegen von Streifen besandeter Bitumendachbahnen oder der Ausführung eines gleichwertigen Mörtelglattstrichs werden Relativverformungen zwischen der Decke und den Wänden ermöglicht. Wände untereinander können – wenn keine besonderen Schallschutzanforderungen bestehen – am einfachsten per Stumpfstoßtechnik (vgl. Abbildung 4.6) verbunden werden. Beim Anschluss von Planfüllziegelwänden an Außenwände kann die Schalldämmung durch das teilweise Einbinden (vgl. Abbildung 4.7) der Innen- in die Außenwand verbessert und durch ein vollständiges Einbinden (vgl. Abbildung 4.8) mit speziellen Anschlusssteinen optimiert werden.



4.6 Stumpfstoßtechnik



4.7 Schlitzeinbindung



4.8 Durchbindung in Außenwand

## 4.4.2 Nichttragende Wände

Eine Wand, die nicht zur Aufnahme von Lasten herangezogen wird und deren Entfernen das Tragwerk nicht nachteilig beeinflusst, wird als nichttragende Wand bezeichnet. Nichttragende Wände müssen allerdings auf ihre Fläche wirkende Lasten auf tragende Bauteile, z. B. Wand- oder Deckenscheiben, abtragen.

Trennwände und ihre Anschlüsse an angrenzende Bauteile müssen so ausgebildet werden, dass sie die folgenden Anforderungen nach DIN 4103-1 erfüllen:

- Aufnahme ihrer Eigenlast einschließlich Putz oder möglichen anderen Bekleidungen (Eigenlasten nach DIN EN 1991-1-1)

- Aufnahme von auf ihre Flächen wirkende horizontale Lasten und Abtrag auf angrenzende Bauteile wie Wände, Decken und Stützen
- ausreichender Widerstand gegen statische – vorwiegend ruhende – sowie stoßartige Belastungen, wie sie im Gebrauchszustand auftreten können.

Es werden zwei unterschiedliche Einbaubereiche definiert:

### Einbaubereich 1

Bereiche mit geringer Menschenansammlung, zum Beispiel Wohnungen, Hotel-, Büro-, Krankenzimmer und ähnlich genutzte Räume einschließlich der Flure.

### Einbaubereich 2

Bereiche mit großer Menschenansammlung, zum Beispiel größere Versammlungsräume, Schulräume, Hörsäle, Ausstellungs- und Verkaufsräume und ähnlich genutzte Räume. Hierzu zählen auch Trennwände zwischen Räumen mit einem Höhenunterschied der Fußböden  $\geq 1,00$  m.

Grenzmaße für Ziegelwände mit unterschiedlicher seitlicher Lagerung mit und ohne Stoßfugenvermörtelung können den folgenden Tabellen entnommen werden (Quelle: DGfM-Merkblatt [2]).

Tabelle 4.4: Grenzmaße für vierseitig gehaltene Wände aus Ziegelmauerwerk ohne Stoßfugenvermörtelung und ohne Auflast

Wanddicke cm	max. Wandlänge in m (Tabellenwerte) im Einbaubereich 1 (oberer Wert)/Einbaubereich 2 (unterer Wert)					
	Wandhöhe h in m					
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	$\leq 6,0$
5,0	1,5	1,75	2,0	-	-	-
	0,75	1,0	1,25	-	-	-
7,0	5,0	2,75	3,0	3,25	3,5	-
	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	-
9,0	6,0	6,5	7,0	3,75	4,0	-
	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	-
10,0	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	-
	5,0	2,75	3,0	3,25	3,5	-
11,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	-
	6,0	6,5	7,0	3,75	4,0	-
17,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
24,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

## 4. Innenwände

Tabelle 4.5: Grenzmaße für dreiseitig gehaltene Wände (der obere Rand ist frei) aus Ziegelmauerwerk ohne Stoßfugenvermörtelung und ohne Auflast

Wanddicke cm	max. Wandlänge in m (Tabellenwerte) im Einbaubereich 1 (oberer Wert)/Einbaubereich 2 (unterer Wert)							
	Wandhöhe in m							
	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	≤ 6,0
5,0	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	-	-	-
	0,75	1,0	1,25	-	-	-	-	-
6,0	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	4,5	-	-
	1,25	1,25	1,5	1,75	2,0	-	-	-
7,0	3,5	3,75	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	-
	1,75	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	-
9,0	4,0	4,25	4,5	5,0	5,0	6,0	6,0	-
	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	-
10,0	4,0	4,5	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	-
	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	-
11,5	4,0	4,5	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	-
	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	-
17,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	4,0	4,5	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
24,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	4,0	4,5	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

Zur schadensfreien Ausführung von Trennwänden werden im DGfM-Merkblatt [2] die folgenden Konstruktions- und Ausführungsregeln angegeben:

- Begrenzung der Deckendurchbiegung durch Einhaltung der Biegeschlankheit nach DIN EN 1992-1-1.
- Verringerung der Deckendurchbiegung aus Kriechen und Schwinden durch Beachtung der Ausschulfristen und Nachbehandlung des Betons nach DIN EN 1992. Insbesondere bei kurzen Ausschulfristen sind geeignete Notstützen zu setzen.
- Trennwände möglichst spät (z. B. nach Fertigstellung des Rohbaus) aufmauern und ggf. verputzen. Die Baumaterialien (Mauerziegel und Wandbauplatten) sind vor starker Durchfeuchtung, z. B. durch Abdecken mit Folie, zu schützen, um die Schwindverformungen gering zu halten.
- Durchbiegungen der Decke unter der Trennwand können in der Trennwand zu einem Lastabtrag als Gewölbe oder Biegeträger führen. Eine Ausbildung der Trennwand als selbsttragend ist empfehlenswert. Dies kann durch eine Lagerfugenbewehrung erreicht werden, dieses ist allerdings nur bei Dickbett-Lagerfugen möglich. Günstig wirkt sich eine möglichst hohe Verbundfestigkeit zwischen Stein und Mörtel aus, wie bspw. bei POROTON-Ziegeln. Empfohlen wird die Trennung von der unteren Geschossdecke, beispielsweise durch die Einlage einer besandeten Bitumendachbahn R500. Dadurch wird ein eventueller Wandabriss von der Decke an unsichtbarer Stelle fixiert.
- Bei großen Deckenstützweiten von  $l_1 > 6$  m können darüber hinausgehende Maßnahmen zur schadensfreien Ausführung notwendig sein, z.B. die Einlage einer Bewehrung zur Rissicherheit, diese ist allerdings nur bei einer Dickbett-Lagerfuge möglich.

Trennwände sind nur standsicher, wenn sie durch geeignete Anschlüsse (Halterungen) mit angrenzenden Bauteilen verbunden sind. Die Standsicherheit ist auch während der Erstellung der Wände und vor dem Wirksamwerden der Halterungen (vorwiegend im Bereich Wand/Decke) durch geeignete Maßnahmen (z. B. Verkeilen) zu gewährleisten. Die Verbindungen müssen zum einen so ausgebildet sein, dass die auf die Wände wirkenden Lasten aufgenommen werden können. Zum anderen sind bei der konstruktiven Durchbildung der Anschlüsse die möglichen Formänderungen der angrenzenden Bauteile zu berücksichtigen.

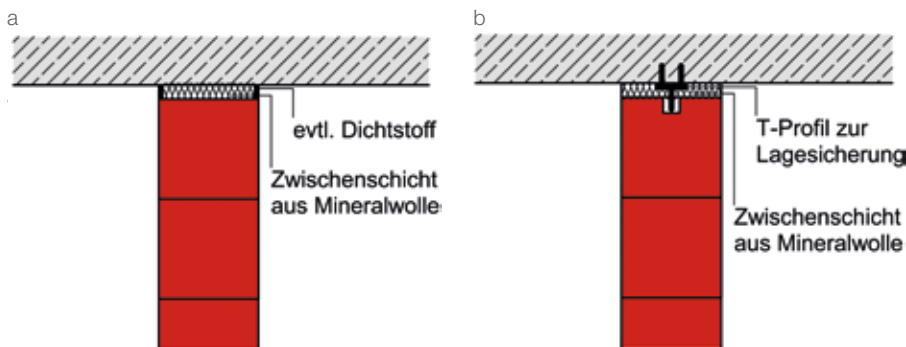
Zusätzlich zu diesen statischen Gesichtspunkten sind oft bauphysikalische Belange (Schall- und Brandschutz) maßgebend für die Befestigung der Trennwände an die angrenzenden Bauteile.

Seitliche Halterungen von Trennwänden können in Abhängigkeit von Zwängungskräften durch Verzahnung, Einlegen von Ankern mit und ohne Anschlussschienen oder Einführen der Trennwände in gemauerte Nischen erreicht werden. Raumhohe Türcargen und U- oder I-Stahlprofile finden ebenfalls bei entsprechender Ausbildung als seitliche Halterung Anwendung. Modernes Planziegel-Mauerwerk wird in Stumpfstoßtechnik untereinander verbunden.

Werden Trennwände, z.B. bei durchlaufenden Fensterbändern, nicht bis unter die Decke gemauert, so ist zunächst ein freier oberer Rand anzunehmen. Auch bei geschosshohen Wänden ist es die baukonstruktiv einfachste Lösung, wenn bei dreiseitiger Halterung der obere Rand ohne seitliche Halterung ausgeführt wird (siehe Abbildung 4.9 a). Die Fuge zwischen Wand und Decke muss dann so geschlossen werden, dass brandschutztechnische (Einlegen von Mineralwolle mit Schmelzpunkt  $> 1000\text{ °C}$  und Rohdichte  $\geq 30\text{ kg/m}^3$ ) und schallschutztechnische Anforderungen erfüllt werden.

Eine vertikal gleitende, aber horizontal unverschiebliche Lagerung stellt immer eine ausführungstechnische Herausforderung dar. Eine für Sichtmauerwerk und verputztes Mauerwerk gleichermaßen geeignete Lösungsmöglichkeit wird in Abbildung 4.9 b) dargestellt. Hier wird an der Decke ein T-Profil befestigt und die vorher auf der Oberseite geschlitzten Steine der obersten Mauerschicht werden in Wandlängsrichtung in den Steg des Profils eingeschoben. Am Wandende, wo ein Einschieben der Steine nicht mehr möglich wäre, kann auf der Länge eines Steines auf das Anbringen des T-Profiles verzichtet werden.

Im Bereich des Wandfußpunktes (vgl. Abbildung 4.10) sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die durch das Eigengewicht mobilisierten Reibungskräfte eine ausreichende seitliche Halterung sicherstellen.



4.9 Deckenanschluss einer nichttragenden Wand (Vertikalschnitte)  
a) ohne b) mit seitlicher Halterung



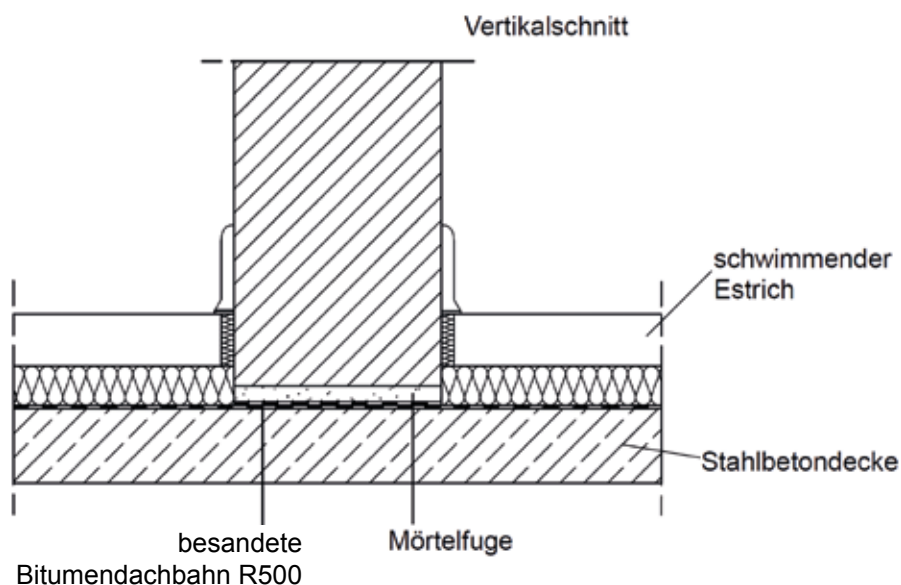
# 4. Innenwände

## 4.4.3 Konstruktionsprinzipien und Leitdetails

Die Entscheidung, ob die Anschlussfuge zwischen dem Wandkopf und der Stahlbetondecke vermörtelt werden soll, ist davon abhängig zu machen, welche Zwängungskräfte möglicherweise durch das Einwirken von Deckenlasten infolge Kriechens und Schwindens auf die Trennwände auftreten können. Auf jeden Fall ist zu empfehlen, die Vermörtelung möglichst spät und mit einem Mörtel, der keine zu hohe Festigkeit aufweist (z.B. MG II) vorzunehmen, z.B. beim Verputzen der Trennwände.

Starre Anschlüsse können für den Fall ausgebildet werden, wenn keine oder nur geringe Zwängungskräfte aus den angrenzenden Bauteilen auf die Trennwand zu erwarten sind und die Trennwand selbst nicht stärker schwindet. Starre seitliche Anschlüsse finden in der Regel nur im Wohnungsbau mit geringen Deckenspannweiten Anwendung, wobei die Wandlängen auf  $l \leq 5,0$  m begrenzt sein sollten.

Wenn die Wand am oberen Rand gehalten ist und die horizontalen Halterungskräfte auf andere Bauteile abgetragen werden können, so kann von einer oberen Halterung der Trennwände ausgegangen werden und es können die Werte der Tabelle 4.4 und Tabelle 4.5 verwendet werden.



4.10 Starrer Anschluss (Fußpunkt)

## Schrifttum

DIN EN 1996-2: 2010-12: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk

[1] Baulicher Schallschutz – Schallschutz mit Ziegeln, Broschüre der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., Oktober 2010

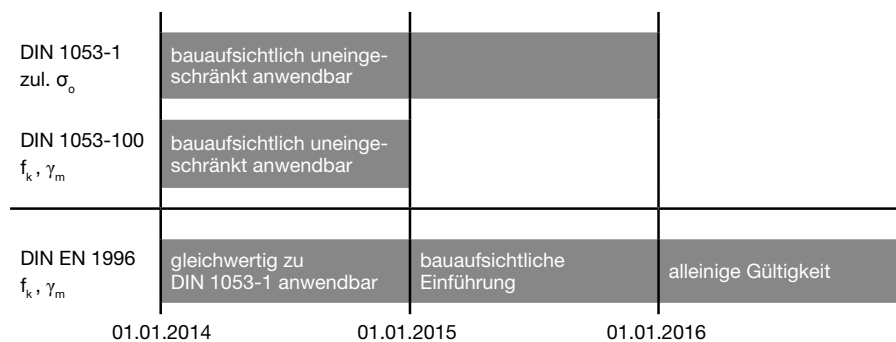
[2] Nichttragende innere Trennwände, Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau (DGfM) e.V., 4. Auflage 2008

# 5. Bemessung

## 5.1 Einführung DIN EN 1996: Eurocode 6

Seit dem 1.1.2016 ist die DIN EN 1996: Eurocode 6 als technische Baubestimmung in den einzelnen Bundesländern zusammen mit den zugehörigen Nationalen Anhängen (NA) verbindlich anzuwenden. Eine bauaufsichtliche Einführung in den einzelnen Bundesländern erfolgte sukzessive ab dem 01.01.2015. Nach einer Übergangsphase mit paralleler Gültigkeit ist der EC 6 mit folgenden Normen verbindlich:

- DIN EN 1996-1-1 + NA: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- DIN EN 1996-1-2 + NA: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- DIN EN 1996-2 + NA: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk
- DIN EN 1996-3 + NA: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten.



5.1 Zeitschiene zur Normung

Der Eurocode 6 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: nationally determined parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, die in den nationalen Anhängen geregelt sind. Darüber hinaus enthalten diese ergänzende, nicht widersprechende Angaben zur Anwendung des EC (en: non-contradictory complementary information).

Im Nationalen Anhang werden sowohl Europäische Technische Zulassungen als auch nationale allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) in Bezug genommen. Moderne Ziegelprodukte im Mauerwerksbau werden nach solchen Zulassungen verwendet und bemessen.

Durch die Zulassungen können Regelungen der Norm erweitert oder durch abweichende Vorgaben außer Kraft gesetzt werden. Daher ist es für den Ingenieur und für den Ausführenden zwingend notwendig, die Zulassung zu beachten.

Mit DIN EN 1996-3 steht für den Mauerwerksbau weiterhin ein vereinfachtes Berechnungsverfahren (in Anlehnung an DIN 1053-1) zur Verfügung. Für übliche Bauvorhaben im Bereich des Ein- und Mehrfamilienhausbaus ist das vereinfachte Verfahren in der Regel ausreichend und führt zu einer deutlichen Verkürzung der Nachweisführung. Der erhöhte Aufwand des allgemeinen Verfahrens nach DIN-EN 1996-1-1 führt nur in Ausnahmefällen zu wirtschaftlicheren Konstruktionen. Es besteht kein „Mischungsverbot“ der Berechnungsverfahren. D.h., für einzelne Bauteile eines Gebäudes kann zwischen den unterschiedlichen Berechnungsverfahren gewechselt werden. Die Ausführungen im Kapitel 5.4 zur überwiegend vertikalen Beanspruchung beschränken sich auf das vereinfachte Verfahren. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, tragende Wände üblicher Einfamilienhäuser nach dem stark vereinfachte Verfahren nach Anhang A der DIN EN 1996-3 nachzuweisen. Auf dieses Verfahren wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.

# 5. Bemessung

Ist bei einem Bauwerk nicht von vornherein erkennbar, dass seine Aussteifung gesichert ist, so ist ein rechnerischer Nachweis der Schubtragfähigkeit nach dem allgemeinen Verfahren nach DIN EN 1996-1-1 zu führen. Die DIN EN 1996-3 selbst enthält keine Regelungen zum Nachweis der Schubtragfähigkeit, lässt aber zu, dass für Gebäude, die offensichtlich ausreichend ausgesteift sind, auf einen rechnerischen Nachweis der Schubbeanspruchung verzichtet werden kann. In Kapitel 5.5 werden daher die Vorgehensweisen und Regelungen für den Nachweis der Schubtragfähigkeit nach dem allgemeinen Verfahren vorgestellt.

## 5.2 Semiprobabilistisches Teilsicherheitskonzept und Nachweisführung

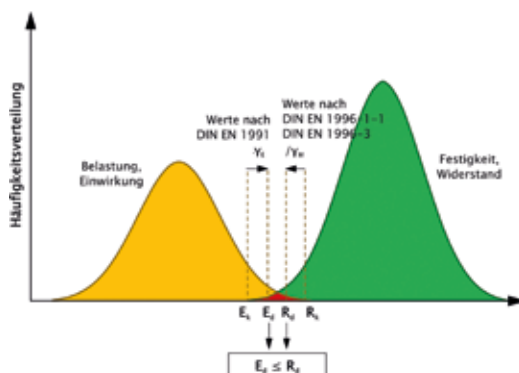
Die Grundlage für die Nachweisführung des Eurocode 6 ist, ebenso wie in den anderen Teilen der Eurocode-Reihe, ein semiprobabilistisches Teilsicherheitskonzept. Grundsätzlich werden dabei zwei Grenzzustände definiert:

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Eine Überschreitung des GZT führt rechnerisch zu einem Versagen des gesamten Tragwerkes oder einzelner Tragwerksteile. Mit dem Einhalten der Bedingungen für den GZG erfüllt ein Tragwerk oder einzelne Tragglieder die Anforderungen für die vorgesehene Nutzung. Anforderungen können zum einen die Beschränkung auftretender Formänderungen sein, um eine Rissbildung in sekundären Traggliedern zu vermeiden und das Erscheinungsbild zu wahren. Im Mauerwerksbau spielt in diesem Zusammenhang das Zusammenwirken von Stahlbetonbauteilen und Wänden eine wichtige Rolle. Durchbiegungen von Decken oder Unterzügen können zu Rissen in tragenden und nichttragenden Wänden führen, wenn der Gebrauchstauglichkeit keine oder zu wenig Beachtung geschenkt wird. Im Mauerwerksbau kann die Gebrauchstauglichkeit (GZG) ohne weiteren Nachweis als erfüllt angesehen werden, wenn der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) mit den vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3 geführt wurde und die Ausführung nach DIN EN 1996-2 erfolgt. Wenn darüber hinaus ein rechnerischer Nachweis der Querkrafttragfähigkeit geführt wird und dabei die Haftscherfestigkeit angesetzt wird, dann beschränkt die DIN EN 1996-1-1 im Sinne eines Gebrauchstauglichkeitsnachweises die zulässigen Randdehnungen.

Ziel des semiprobabilistischen Teilsicherheitskonzeptes ist es, die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Grenzzustandes so zu minimieren, dass ein für die Nutzung ausreichendes Sicherheitsniveau erreicht wird. Das ist der Fall, wenn die einwirkenden Schnittgrößen aus äußeren Lasten an jeder Stelle eines Tragwerks einen bestimmten Sicherheitsabstand gegenüber dem aufnehmbaren Querschnittswiderstand aufweisen.

Im Gegensatz zu einem globalen Sicherheitsbeiwert werden im semiprobabilistischen Teilsicherheitskonzept Teilsicherheitsbeiwerte sowohl auf der Einwirkungs- als auch auf der Widerstandsseite eingeführt. Unsicherheiten und Streuungen werden somit direkt dort berücksichtigt, wo diese auftreten (Abbildung 5.2).



5.2 Schematische Darstellung des Sicherheitskonzeptes

Außerdem wird ein Übergang auf die Kräftebene vollzogen. Statt eines Spannungsnachweises werden nun einwirkende und widerstehende Schnittgrößen verglichen. Für das Nachweisformat im GZT muss der Bemessungswiderstand  $R_d$  mindestens so groß sein wie der Bemessungswert der Einwirkungen  $E_d$ .

$$E_D = E_K \cdot \gamma_F \leq R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

mit

$E_d$  Bemessungswert der Einwirkung

$E_k$  Charakteristischer Wert der Einwirkung

$\gamma_F$  Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung, vgl. Tabelle 5.1

$R_d$  Bemessungswert des Widerstandes

$R_k$  Charakteristischer Wert des Widerstandes

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes (bzw. des Materials), vgl. Tabelle 5.2

## 5.3 Einwirkungen

Einwirkungen auf ein Tragwerk sind in erster Linie Kräfte. Sie werden gemäß DIN-EN 1990 eingeteilt in:

- ständige Einwirkungen G, z.B. Eigenlast des Tragwerks und der Ausbauten
- veränderliche Einwirkungen Q, z.B. Nutz-, Schnee- und Windlasten
- außergewöhnliche Einwirkungen  $A_d$ , z.B. Fahrzeuganprall
- Erdbebeneinwirkungen  $A_{Ed}$ .

Sie sind in entsprechenden Einwirkungsnormen geregelt und können dem Schrifttum entnommen werden.

Für die Bemessung sind die ungünstigsten Kombinationen der Einwirkungen zu bilden. Da mit geringer Wahrscheinlichkeit sowohl die vorherrschende als auch die begleitenden veränderlichen Einwirkungen gleichzeitig in voller Höhe auftreten, werden die Kombinationsbeiwerte  $\psi$  eingeführt. Im GZT sind folgende Kombinationen zu untersuchen:

- Einwirkungen in der Grundkombination

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Einwirkungen in der außergewöhnlichen Bemessungssituation

$$E_{dA} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gk,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_d \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Einwirkungskombination bei Erdbebenbeanspruchung

$$E_{dA} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gk,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

mit

$G_k$  Charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung

$Q_k$  Charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung

$Q_{k,1}$  Charakteristischer Wert der veränderlichen Leiteinwirkung

$A_d$  Bemessungswert der außergewöhnlichen Einwirkung

$A_{Ed}$  Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung

$E_d$  Bemessungswert der Einwirkung

$\gamma_G$  Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite (ständige Einwirkung) gemäß vgl. Tabelle 5.1

$\gamma_Q$  Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite (veränderliche Einwirkungen) vgl. Tabelle 5.1

$\psi_0, \psi_1, \psi_2$  Kombinationsbeiwerte

$\oplus$  „ist zu kombinieren mit“

# 5. Bemessung

Bei Wohn- und Bürogebäuden darf der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft im Allgemeinen vereinfachend mit folgender Einwirkungskombination bestimmt werden:

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk}$$

mit

$N_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

$N_{Gk}$  Charakteristischer Wert der einwirkenden Normalkraft infolge ständiger Lasten (z. B. Eigengewicht)

$N_{Qk}$  Charakteristischer Wert der einwirkenden Normalkraft infolge veränderlicher Lasten (z. B. Nutzlast)

In Hochbauten mit Stahlbetondecken und charakteristischen Nutzlasten (einschließlich Trennwandzuschlag)  $q_k \leq 3 \text{ kN/m}^2$  darf vereinfacht angesetzt werden:

$$N_{Ed} = 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$$

Im Fall größerer Biegemomente, z.B. bei Windscheiben, ist auch der Lastfall max. M mit min. N zu berücksichtigen. Dabei gilt:

$$\min N_{Ed} = 1,0 \cdot N_{Gk}$$

$$\max M_{Ed} = 1,35 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk,w}$$

Tabelle 5.1: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Einwirkung	ungünstige Wirkung	günstige Wirkung	außergewöhnliche Bemessungen
ständige Einwirkungen (G) z.B. Eigengewicht, Ausbaulast, Erddruck	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_{GA} = 1,0$
veränderliche Einwirkung (Q) z.B. Wind, Schnee, Nutzlasten	$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_{QA} = 1,0$

Tabelle 5.2: Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  für Mauerwerk im Grenzzustand der Tragfähigkeit

	Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ <sup>1)</sup>	
	ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	außergewöhnliche Bemessungssituationen <sup>1)</sup>
Mauerwerk	1,5	1,3

<sup>1)</sup> für die Bemessung im Brandfall nach DIN EN 1996-1-2 gilt:  $\gamma_M = 1,0$

Beim Nachweis der Randdehnungen (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) wird mit charakteristischen Größen ohne Teilsicherheitsbeiwerte gerechnet.



### 5.3.1 Zusammenstellung vertikaler Einwirkungen für Hochbauten

#### Eigenlasten und Ausbaulasten

Tabelle 5.3: Mauerwerk aus künstlichen Steinen (einschließlich Fugenmörtel und übliche Feuchte) nach DIN EN 1991-1-1/NA

Steinrohddichte in kg/dm <sup>3</sup>	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Dichte in kN/m <sup>3</sup> bei Normalmörtel	7,5	8	8,5	9	9,5	10	11	12	14	16	16	18	20
Dichte in kN/m <sup>3</sup> bei Dünnbettmörtel	6,5	7	7,5	8	8,5	9	10	11	13	15			

Tabelle 5.4: Flächenlast von Putzen nach DIN EN 1991-1-1/NA

Putz	Flächenlast je cm Dicke [kN/m <sup>2</sup> ]
Gipsputz	0,120
Kalk-, Kalkgips- und Gipssandputz	0,175
Kalkzementputz	0,200
Leichtputz nach DIN 18550-4	0,150
Zementputz	0,210

Tabelle 5.5: Charakteristische Werte üblicher Eigenlasten nach DIN EN 1991-1-1/NA

Eigenlasten	
<b>Dächer</b>	<b>g<sub>k</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</b> (bezogen auf die Dachfläche)
Stahlkonstruktion mit Dämmung und Trapezblech	0,6 bis 1,0
Holzkonstruktion mit Dämmung, Deckung und Innenausbau	0,6 bis 1,2
Flachdach (ohne Standardausbau mit Bekiesung exklusive Begrünung)	ca. 2,2 ca. 1,2
Photovoltaikmodule und Sonnenkollektoren	0,1 bis 0,4
<b>Decken</b>	<b>g<sub>k</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</b>
Stahlbeton d = 20 cm	5,0
schwimmender Estrich mit Belag	ca. 1,2
Doppelboden mit Belag	0,5 bis 0,8
abgehängte Decken	ca. 0,3
<b>Putze</b>	<b>g<sub>k</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</b>
Kalkzementputz 1,0 cm je Seite	0,2
Leichtputz 2,0 cm je Seite	ca. 0,3

# 5. Bemessung

## Verkehrslasten

Tabelle 5.6: Charakteristische Werte üblicher Verkehrslasten nach DIN EN 1991-1-1/NA

Kategorie	Nutzung	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A1	Spitzböden	1,0
A2	Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume, Hotelzimmer	1,5
A3	wie A2, ohne ausreichende Querverteilung der Lasten	2,0 (1,5) <sup>1</sup>
B1	Räume und Flure in Bürogebäuden	2,0
B2	Flure in Hotels, Altersheimen, Krankenhäusern etc.	3,0
C1	Flächen mit Tischen (Schulräume, Restaurants etc.)	3,0
C2	Flächen mit fester Bestuhlung	4,0
C3	frei begehbare Flächen	5,0
D1	Verkaufsräume bis 50 m <sup>2</sup> Grundfläche in Wohn- und Bürogebäuden	2,0
D2	Flächen in Einzelhandelsgeschäften	5,0
T1	Treppen und Treppenpodeste zu A und B, ohne schwere Geräte	3,0
T2	Treppen und Treppenpodeste zu B2 bis D	5,0
Z	Dachterrassen, Balkone, Laubengänge	4,0
<sup>1)</sup> für die Weiterleitung der Lasten auf stützende Bauteile		
	<b>Trennwandzuschlag für Wände einschl. Putz</b>	<b><math>q_k</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>
	Wandgewicht $\leq 3$ kN/m	0,8
	Wandgewicht $> 3,0$ kN/m und $\leq 5,0$ kN/m	1,2
bei Nutzlasten von $\geq 5$ kN/m <sup>2</sup> kann der Trennwandzuschlag entfallen		

### 5.3.2 Auflagerkräfte aus Decken

Bei zweiachsig gespannten Decken darf die Lastermittlung für die Wände mithilfe von Einflussflächen erfolgen.

Die genauere Ermittlung der vertikalen Einwirkungen aus Decken auf die einzelnen Wandscheiben erfolgt in der Regel durch eine Berechnung der Auflagerkräfte für mehrfeldrige Platten mit teilweise unterbrochener Auflagerung. Dieses Vorgehen erfordert die Nutzung eines FE-Programmes und ausreichende Kenntnisse der Modellierung um die Lagerungsbedingungen realitätsnah und ohne Singularitäten abbilden zu können. Die meisten in der Praxis eingesetzten FE-Programme bieten die Möglichkeit, realitätsnah verteilte Auflagerkräfte zu ermitteln. Dabei werden die nach der Plattentheorie berechneten Spannungsspitzen „geglättet“.

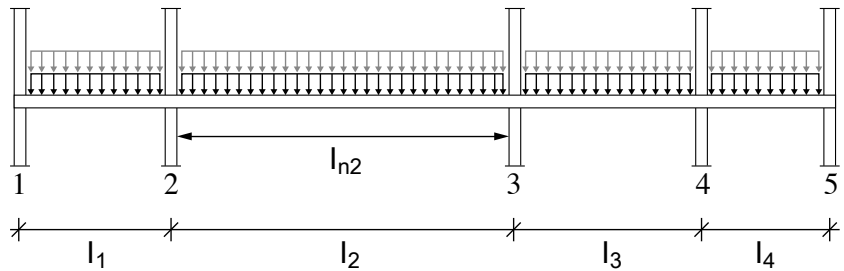
Eine weniger aufwendige Alternative ist die Konstruktion von Lastezugsflächen, die durch die Nutzung von CAD-Programmen und die direkte Ausgabe der Flächeninhalte wesentlich beschleunigt werden kann.

In Abhängigkeit von den Auflagerbedingungen kann bei zwei sich schneidenden Lagerlinien die Lastfläche folgendermaßen konstruiert werden:

- Bei gleichartigen Lagerungsbedingungen (gelenkig/gelenkig oder eingespannt/eingespannt) teilt sich die Last über die Winkelhalbierende (45 Grad)
- Bei unterschiedlichen Lagerungsbedingungen (gelenkig/eingespannt) zieht das eingespannte, steifere Lager mehr Last an. Die Last verteilt sich im Verhältnis 1:2. Der Winkel der Linie zum steiferen Lager beträgt 60 Grad (bzw. 2/3 des Gesamtwinkels) und weist dem steiferen Auflager mehr Last zu.
- Bei Platten mit teilweiser Einspannung darf der Winkel zwischen 45° und 60° angenommen werden.
- Bei nicht aufgelagerten Plattenrändern verläuft die Trennlinie zwischen zwei Lastezugsflächen senkrecht zum freien Rand.

Bei durchlaufenden, einachsig gespannten Decken ist die Durchlaufwirkung bei der Lastermittlung zu berücksichtigen (Abbildung 5.3 a und b)).

a)

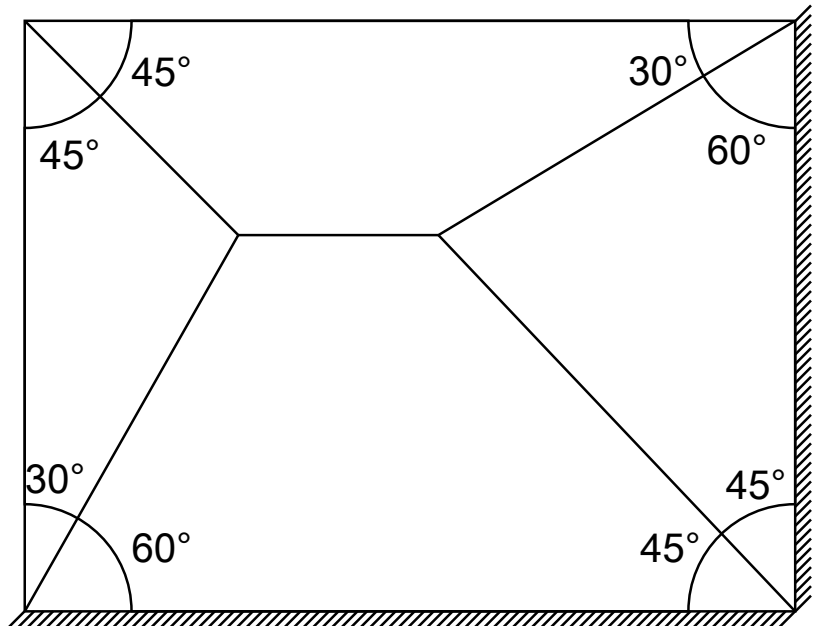


b)

		Berücksichtigung der Durchlaufwirkung
Außenwände	1 und 5	nein
erste Innenwand	2 und 4	ja
Innenwände	3	nur dann, wenn $l_3 < 0,7 \cdot l_2$

Effektive Spannweite  $l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2$  mit  $a_i = \min \{0,5 t ; 0,5 a\}$

c)



5.3 Ermittlung der Auflagerkräfte bei einachsig (a und b) und zweiachsig (c) gespannten Decken

# 5. Bemessung

## Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3

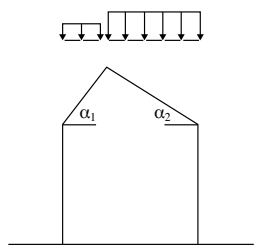
Die Schneelast auf dem Dach für einzeln stehende Flach-, Pult- und Satteldächer wird berechnet mit

$$s = \mu_1 \cdot S_k$$

Für einfache Fälle gilt  $\mu_1$  gemäß Tabelle 5.7.

Tabelle 5.7: Formbeiwert  $\mu_1$

Dachneigung $\alpha$	Formbeiwert $\mu_1$
$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	0,8
$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0,8 \cdot \frac{(60^\circ - \alpha)}{360^\circ}$
$60^\circ \leq \alpha$	0
mit Schneefanggitter	0,8




Der charakteristische Wert der Schneelast auf dem Boden für Bauwerke in einer Geländehöhe  $A < 1000$  m ü.d.M. wird gemäß Tabelle 5.8 berechnet.

## 5.3.3 Zusammenstellung horizontaler Einwirkungen für Hochbauten

Tabelle 5.8: Charakteristische Wert der Schneelast auf dem Boden<sup>1)</sup>

Zone 1:	$S_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 0,65 \frac{kN}{m^2}$
Zone 1a:	$S_k = 1,25 \cdot \left[0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2\right] \geq 0,81 \frac{kN}{m^2}$
Zone 2:	$S_k = 0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 0,85 \frac{kN}{m^2}$
Zone 2a:	$S_k = 1,25 \cdot \left[0,25 + 1,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2\right] \geq 1,06 \frac{kN}{m^2}$
Zone 3:	$S_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left(\frac{A + 140}{760}\right)^2 \geq 1,10 \frac{kN}{m^2}$



<sup>1)</sup> Für Standorte, die dem „Norddeutschen Tiefland“ zugeordnet werden, ist der Nachweis für den 2,3-fachen Wert der charakteristischen Schneelast als außergewöhnliche Einwirkung zu führen. Die Anwendung des vereinfachten Verfahrens der DIN EN 1996-3 ist zulässig.

<sup>2)</sup> In bestimmten Lagen der Schneelastzone 3 können von den örtlichen Stellen höhere Werte festgelegt werden.

### Windlasten nach DIN EN 1991-1-4

Die Windeinwirkungen werden durch eine vereinfachte Anordnung von Winddrücken oder Windkräften erfasst.

Die Größe und Lage der resultierenden Windkraft berechnet sich aus den auf Wand- und Dachflächen einwirkenden Teilresultierenden

$$W_{i,k} = A_i \cdot c_{pe,10} \cdot q_k$$

mit

$A_i$  Lasteinzugsfläche

$c_{pe,10}$  Außendruckbeiwerte für Lasteinzugsflächen  $A > 10 \text{ m}^2$

$q_k$  charakteristischer Wert für den Geschwindigkeitsdruck

Tabelle 5.9:  $c_{pe,10}$  für Sattel- und Flachdächer

$\alpha$	$c_{pe,10,luv}$	$c_{pe,10,lee}$
0°	-0,7 / +0,2	-
5°	-0,6	-0,6
15°	-0,3 / +0,2	-0,4
30°	-0,2 / +0,4	-0,4
45°	+0,6	-0,2
60°	+0,7	-0,2

Tabelle 5.10:  $c_{pe,10}$  für Außenwände

$h/b$	$c_{pe,10,luv}$	$c_{pe,10,lee}$
$\geq 5$	+0,8	-0,5
1	+0,8	-0,5
$\leq 0,25$	+0,7	-0,5

Die Luvseite ist dem Wind zugewandt, die Leeseite ist dem Wind abgewandt.

Die Werte  $c_{pe,10,lee}$  gelten auch für die parallel zur Anströmrichtung stehenden Wände.

$h$  Gebäudehöhe

$b$  Breite des Gebäudes senkrecht zur Anströmrichtung

# 5. Bemessung

Tabelle 5.11: Vereinfachte Böengeschwindigkeitsdrücke  $q_k$  in  $\text{kN/m}^2$

Windzone		Geschwindigkeitsdruck $q_k$ in $\text{kN/m}^2$ bei einer Gebäudehöhe $h$ in den Grenzen von		
		$h \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	-	-



## 5.3.4 Aufteilung horizontaler Einwirkungen

Bei statisch bestimmten Wandsystemen erfolgt die Aufteilung der Horizontallast auf einzelne Wandscheiben anhand der Gleichgewichtsbedingungen. Bei statisch unbestimmten Wandsystemen erfolgt die Aufteilung der Horizontallast anhand der Verträglichkeitsbedingungen und darf getrennt für die beiden Hauptrichtungen durchgeführt werden (Abbildung 5.4).

Bei symmetrischen Anordnungen der Aussteifungswände kann die resultierende Horizontallast direkt entsprechend der Steifigkeit auf die einzelnen Wände verteilt werden.

Die auf eine Wand  $i$  anzusetzenden Schnittgrößenanteile ergeben sich dann zu

$$V_{\text{Ed},i} = \frac{\tilde{k}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{k}_i} \cdot V_{\text{Ed,tot}}$$

Dabei berücksichtigt die Ersatzsteifigkeit  $\tilde{k}$  die Biege- und Schubsteifigkeit

$$\tilde{k}_i = \frac{1}{\frac{h_i^3}{3EI_i} + \frac{h_i}{GI_i t_i}} = \left( \frac{h_i^3}{3EI_i} + \frac{h_i}{GI_i t_i} \right)^{-1}$$

mit

- $V_{\text{Ed},i}$  Anteil der Wand  $i$  an der resultierenden Horizontallast
- $V_{\text{Ed,tot}}$  resultierende Horizontallast
- $h_i$  lichte Höhe der Wandscheibe  $i$
- $I_i$  Länge der Wandscheibe  $i$
- $t_i$  Dicke der Wandscheibe  $i$

$$I_i = \frac{l_i^3 \cdot t}{12}$$

- $E$  Elastizitätsmodul
- $G$  Schubmodul

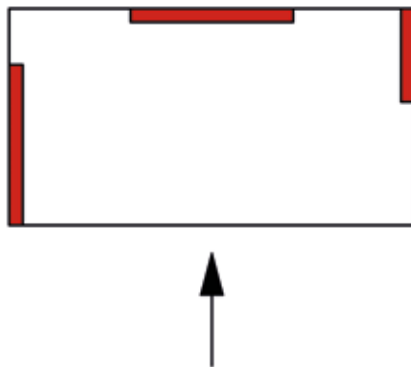


Angaben zum Elastizitäts- und Schubmodul sind der DIN EN 1996-1-1 oder der Zulassung zu entnehmen.

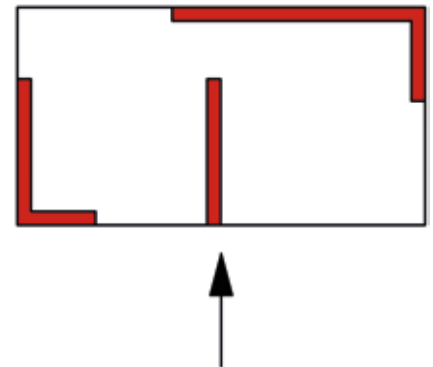
Bei unsymmetrischem Grundriss bzw. unsymmetrischem Lastangriff sind die Horizontallasten auf den Schubmittelpunkt des Gesamtsystems zu beziehen.

Durch die abweichende Lage des Schubmittelpunkts vom Schwerpunkt und von der Wirkungslinie der Windeinwirkungen entstehen Rotationskräfte, die zusätzlich von den Wandscheiben aufgenommen werden müssen. Dazu werden in der Regel Rechenprogramme verwendet.

a) statisch bestimmte Lagerung



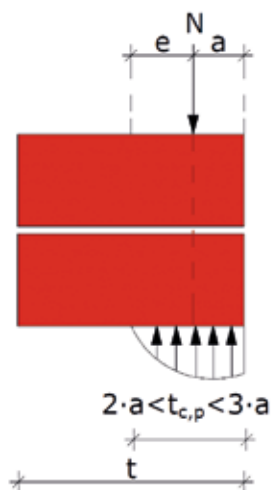
b) statisch unbestimmte Lagerung



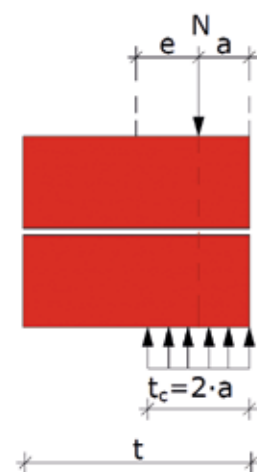
5.4 Statische Systeme für Deckenscheiben

## 5.4 Druckbeanspruchung

Gemauerte Wände tragen vertikale Einwirkungen sehr effektiv ab. Dabei hängt die Tragfähigkeit zum einen von der Materialfestigkeit, zum anderen von der Schlankheit der Wand ab. Die Spannungs-Dehnungs-Linie von Mauerwerk unter Druckbeanspruchung ist in der Regel nichtlinear und kann wie beim Beton durch ein Parabel-Rechteckdiagramm gut angenähert werden. Für die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf ein ideal-plastischer Spannungsblock angesetzt werden. Damit wird im EC6 für den Nachweis auf Querschnittsebene ein ideal-plastisches Materialverhalten zugrunde gelegt. Durch den Ansatz eines Spannungsblocks wird die Berechnung und Nachweisführung ganz wesentlich erleichtert.



a) Spannungsverteilung realitätsnah



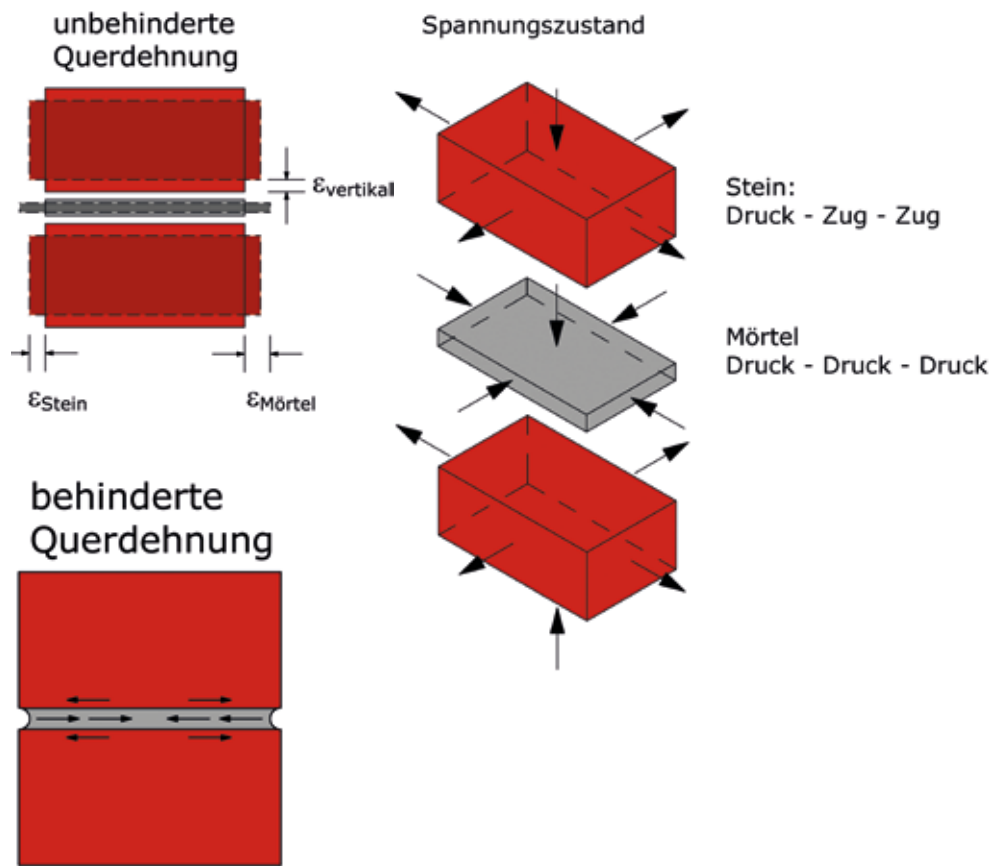
b) Spannungsverteilung linear-plastisch (Spannungsblock)

# 5. Bemessung

## 5.4.1 Tragverhalten und Druckfestigkeit

Mauerwerk ist ein Verbundwerkstoff aus Mauersteinen, die mit Mörtelfugen im Verband vermauert werden. Die mechanischen Eigenschaften von Mauerwerk hängen somit zum einen von den Eigenschaften der Komponenten Stein und Mörtel ab, zum anderen aber auch von den geometrischen Größen wie dem Überbindemaß und der Fugendicke.

Unter einer reinen Druckbeanspruchung werden die Steine senkrecht zur Lagerfuge gestaucht und in Querrichtung gedehnt. Der aufgrund des geringeren Elastizitätsmodules weichere Mörtel würde bei unbehinderter Querdehnung zwischen den Steinen herausgequetscht. Dies wird aber durch die kraftschlüssige Verbindung mit den Steinen und der entsprechenden Reibung verhindert. Durch diese Zwangsbeanspruchung stellt sich ein dreidimensionaler Spannungszustand ein, der zu zusätzlichen Querkzugspannungen im Mauerstein führt, während der Mörtel durch allseitigen Druck eine Umschnürungswirkung erfährt (Abbildung 5.5). Das Versagen unter einer Druckbeanspruchung tritt daher genau genommen durch ein Überschreiten der Steinzugfestigkeit ein. Bei Plaziegelmauerwerk hat die sehr dünne Mörtelschicht einen untergeordneten Einfluss auf die Druckfestigkeit des Mauerwerks. Das heißt, hier werden Mauerwerksdruckfestigkeiten erreicht, die näher an der Druckfestigkeit des einzelnen Ziegels liegen.



5.5 Schematische Darstellung von zentrisch gedrücktem Mauerwerk

Somit liegt die Mauerwerksdruckfestigkeit  $f_k$  aufgrund der festigkeitssteigernden, dreiachsigen Druckbeanspruchung zwischen der Festigkeit des Steins und der des Mörtels. Dieser Zusammenhang lässt sich mit einer Exponentialfunktion zutreffend beschreiben:

$$f_k = K \cdot f_{st}^\alpha \cdot f_m^\beta$$

mit

- $f_k$  charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk in  $N/mm^2$
- $K, \alpha, \beta$  im EC 6 definierte Parameter für unterschiedliche Stein-Mörtel-Kombinationen
- $f_{st}$  mittlere Steindruckfestigkeit in  $N/mm^2$  einschließlich Formfaktor
- $f_m$  Druckfestigkeit des Mauermörtels in  $N/mm^2$

Mit abnehmender Mörtelfugendicke wird der Einfluss der Druckfestigkeit des Mauermörtels immer geringer. Bei der Verwendung von Dünnbettmörtel vereinfacht sich die Gleichung daher zu

$$f_k = K \cdot f_{st}^\alpha$$

Für die in Deutschland üblichen Mauerwerksarten wurden die charakteristischen Druckfestigkeiten in der DIN EN 1996-3/NA tabelliert, sodass eine Auswertung der Formeln für  $f_k$  entfallen kann. Diese Werte entsprechen bis auf Rundungsabweichungen denen der Berechnungsgleichung nach DIN EN 1996-1-1/NA und dürfen daher für das allgemeine und das vereinfachte Verfahren nach EC 6 verwendet werden.

Die Werte der charakteristischen Druckfestigkeit von POROTON-Mauerwerk sind in Tabelle 5.12 zusammengestellt.

Tabelle 5.12: Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k$  in  $\text{N/mm}^2$  von Einsteinmauerwerk aus Hochlochziegeln mit Lochung A (HLzA), Lochung B (HLzB), mit Normalmauermörtel

Steindruckfestigkeitsklasse	$f_k$ $\text{N/mm}^2$			
	NM II	NM IIa	NM III	NM IIIa
4	2,1	2,4	2,9	---
6	2,7	3,1	3,7	---
8	3,1	3,9	4,4	---
10	3,5	4,5	5,0	5,6
12	3,9	5,0	5,6	6,3
16	4,6	5,9	6,6	7,4
20	5,3	6,7	7,5	8,4
28	5,3	6,7	9,2	10,3
36	5,3	6,7	10,6	11,9
48	5,3	6,7	12,5	14,1
60	5,3	6,7	14,3	16,0

Tabelle 5.13: Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k$  in  $\text{N/mm}^2$  von Einsteinmauerwerk aus Mauerziegeln mit Leichtmauermörtel

Steindruckfestigkeitsklasse	$f_k$ $\text{N/mm}^2$	
	LM 21	LM 36
4	1,6	2,2
6	2,2	2,9
8	2,5	3,3
10	2,8	3,3
12	3,0	3,3
16	3,0	3,3
20	3,0	3,3
28	3,0	3,3

# 5. Bemessung

## 5.4.2 Anwendung des vereinfachten Verfahrens nach DIN EN 1996-3

Das vereinfachte Verfahren nach DIN-EN 1996-3 bietet die Möglichkeit, druckbeanspruchte Mauerwerkswände auf einfache Art und Weise und zugleich wirtschaftlich zu bemessen. Die Anwendung des Verfahrens ist an geometrische und konstruktive Anwendungsgrenzen geknüpft, die in Tabelle 5.14 und Abbildung 5.6 zusammengefasst sind. Kann eine der Bedingungen nicht eingehalten werden, muss nach dem allgemeinen Verfahren gerechnet werden.

Tabelle 5.14: Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens

Bauteil	Wanddicke $t$ [mm]	lichte Geschosshöhe $h$ [m]	Verkehrslast der Decke $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] <sup>5</sup>	Gebäudehöhe $H$ [m] <sup>1,7</sup>	Deckenstützweite $l$ [m]
Innenwände	$\geq 115 < 240$	$\leq 2,75$	$\leq 5,0$	$\leq 20$ <sup>1</sup> ( $\leq 10$ ) <sup>6</sup>	$\leq 6$ <sup>4</sup>
	$\geq 240$	-			
einschalige Außenwände	$\geq 175 \geq 240$ <sup>2</sup>	$\leq 2,75$	$\leq 5,0$	$\leq 20$ <sup>1</sup> ( $\leq 10$ ) <sup>6</sup>	
	$\geq 240$	$\leq 12 \cdot t (3,0)$ <sup>6</sup>			
Tragschalen zweischaliger Außenwände sowie zweischaliger Haustrennwände	$\geq 115 < 175$ <sup>3</sup>	$\leq 2,75$	$\leq 3,0$	$\leq 2$ Vollgeschosse + ausgebautes Dachgeschoss	
	$\geq 175 < 240$	$\leq 2,75$	$\leq 5,0$	$\leq 20$ ( $\leq 10$ ) <sup>6</sup>	
	$\geq 240$	$\leq 12 \cdot t (3,0)$ <sup>6</sup>	$\leq 5,0$	$\leq 20$ ( $\leq 10$ ) <sup>6</sup>	

<sup>1</sup> bei geeigneten Dächern Mittel zwischen First- und Traufhöhe

<sup>2</sup> bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, auch  $d \geq 115$  mm zulässig

<sup>3</sup> Abstand aussteifender Querwände  $\leq 4,5$  m, Randabstand von einer Öffnung  $\leq 2,0$  m

<sup>4</sup> Sofern nicht die Biegemomente aus dem Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z.B. Zentrierung durch Weichfaserstreifen am Wandkopf innen, begrenzt werden (bei Dryfix-Mauerwerk nicht möglich). Bei zweiachsig gespannten Decken ist mit der kürzeren der beiden Stützweiten zu rechnen.

<sup>5</sup> einschließlich Zuschlag für nichttragende innere Trennwände

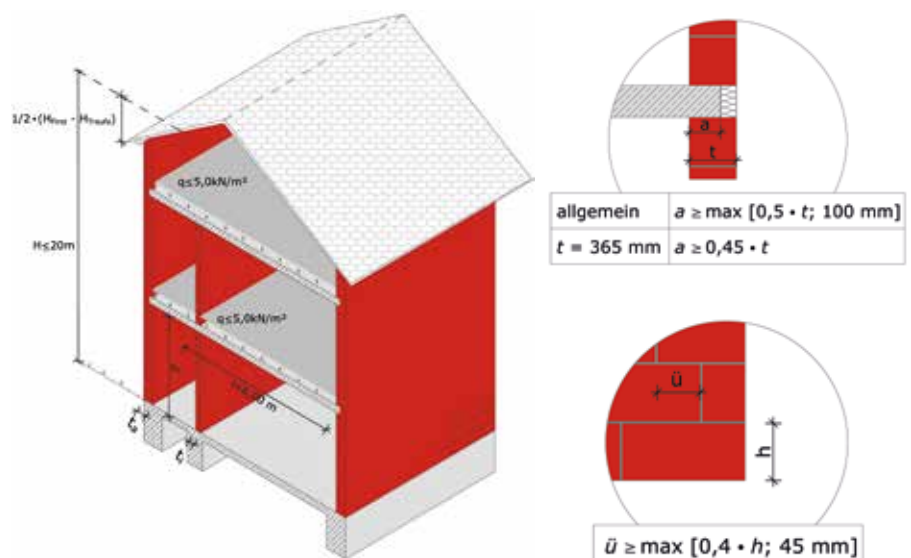
<sup>6</sup> Klammerwerte gelten ausschließlich für Dryfix-Mauerwerk

<sup>7</sup> für Dryfix-Mauerwerk max. 3 Vollgeschosse

Zusätzlich gilt:

- Einwirkungen aus Wind senkrecht zur Wandebene dürfen vernachlässigt werden, wenn ausreichend horizontale Halterungen der Wände vorhanden sind. Dazu zählen z.B. aufliegende Decken mit Scheibenwirkung oder statisch nachgewiesene Stahlbetonringbalken im Abstand der Geschosshöhen.
- Die Deckenauflagertiefe  $a$  muss mindestens die halbe Wanddicke ( $0,5 \cdot t$ ), jedoch mehr als 100 mm betragen. Bei einer Wanddicke von 365 mm darf die Mindestdeckenauflagertiefe auf  $0,45 \cdot t$  reduziert werden.

*Hinweis: Für POROTON-Mauerwerk wird unabhängig von dieser Regelung eine Auf-  
lagertiefe von  $2/3 \cdot t$  empfohlen [2]. Damit  
werden auch die bauphysikalischen Belan-  
ge berücksichtigt und die Anforderungen  
hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse  
erfüllt.*



5.6 Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens

### 5.4.3 Überwiegend vertikal beanspruchte Wände

Die Standsicherheit von Wänden bei überwiegender Normalkraft-Beanspruchung wird nach DIN EN 1996-3 durch den Vergleich der vorhandenen Normalkraft  $N_{Ed}$  mit der maximal aufnehmbaren Normalkraft  $N_{Rd}$  nachgewiesen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Bei der Ermittlung der maximalen aufnehmbaren Normalkraft  $N_{Rd}$  werden alle Einflüsse aus Imperfektionen, Knicken und Theorie II. Ordnung, sowie eine möglicherweise exzentrische Lasteinleitung am Wandkopf durch einen Abminderungsfaktor  $\Phi_s$  erfasst.

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

mit

- $\Phi_s$  Abminderungsfaktor  $\Phi_s = \min(\Phi_1, \Phi_2)$
- $A$  =  $l \cdot t$  Bruttoquerschnittsfläche des nachzuweisenden Wandabschnitts
- $f_d$  Bemessungswert der Druckfestigkeit

Bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung ist der Bemessungswert der Druckfestigkeit je nach Dauer der Einwirkung abzumindern

$$f_d = \zeta \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

mit

- $\zeta$  Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Langzeiteinwirkungen  
= 0,85 für Eigengewicht, Schnee- und Verkehrslasten  
= 1,0 für kurzzeitige Beanspruchungsarten
- $f_k$  charakteristischer Wert der Druckfestigkeit
- $\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert für Materialeigenschaften  $\gamma_M = 1,5$  für übliche Bemessungssituationen (siehe auch Tabelle 5.2)

Bei Wand-Querschnittsflächen kleiner als  $0,1 \text{ m}^2$  ist die Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks mit dem Faktor 0,8 zu multiplizieren.

Als Abminderungsfaktor  $\Phi_s$  ist der kleinere der beiden Werte  $\Phi_1$  (Berücksichtigung einer exzentrischen Beanspruchung infolge Deckenverdrehung) und  $\Phi_2$  (Berücksichtigung der Knickgefahr) einzusetzen.

Bei geschosshohen Wänden des üblichen Hochbaus und gleichzeitiger Einhaltung der Randbedingungen für die vereinfachten Berechnungsmethoden darf die Traglastminderung infolge der Lastausmitte bei Endauflagern auf Außen- und Innenwänden (vgl. Abbildung 5.7) ermittelt werden zu

$$\text{für } f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2 \quad \Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{bzw.}$$

$$\text{für } f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2 \quad \Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{5} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

Wird die Traglastminderung infolge Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z.B. Weichfaserstreifen als Kantenschutz, vermieden, so gilt

$$\Phi_1 = 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

# 5. Bemessung

Bei Decken über dem obersten Geschoss, insbesondere Dachdecken, gilt aufgrund der geringen Auflast

$$\Phi_1 = 0,333$$

Zur Berücksichtigung der Traglastminderung bei Knickgefahr gilt

$$\Phi_1 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left( \frac{h_{ef}}{t} \right)^2$$

Für alle Abminderungsfaktoren  $\Phi$  ist

l die Stützweite der angrenzenden Geschossdecke

a die Deckenauflagertiefe

t die Dicke der Wand

Bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken oder Rippendecken nach DIN EN 1992-1 mit lastverteilenden Balken darf bei zweiseitig gehaltenen Wänden die Einspannung der Wand in den Decken durch eine Abminderung der Knicklänge  $h_{ef}$  berücksichtigt werden

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h$$

Dabei ist h die lichte Geschosshöhe.

Sind die Voraussetzungen zur Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens eingehalten, gilt für den Abminderungsfaktor der Knicklänge  $\rho_2$ :

$\rho_2 = 0,75$  für Wanddicken  $t \leq 175$  mm

$\rho_2 = 0,9$  für Wanddicken  $175 \text{ mm} < t \leq 250$  mm

$\rho_2 = 1,0$  für Wanddicken  $t > 250$  mm

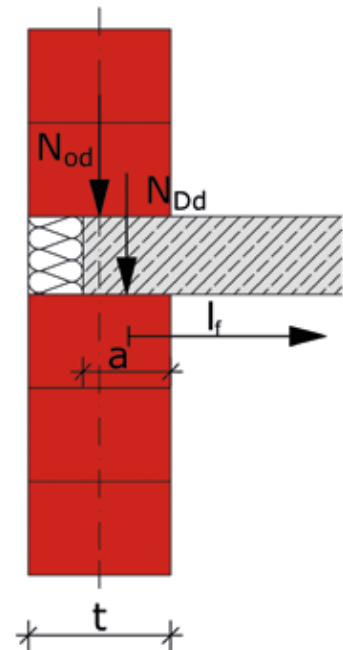
Eine Abminderung der Knicklänge mit  $\rho_2 < 1,0$  ist jedoch nur zulässig, wenn folgende erforderliche Auflagertiefen a gegeben sind:

$$t \geq 240 \text{ mm} \quad a \geq 175 \text{ mm}$$

$$t < 240 \text{ mm} \quad a = t$$

Für die Schlankheit einer Wand gilt die Begrenzung

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t} \leq 27$$



5.7 Teilweise aufliegende Deckenplatte



## 5.4.4 Knicklängen von drei- und vierseitig gehaltenen Wänden

Bei drei- und vierseitig gehaltenen Mauerwerkswänden kann die Knicklänge zusätzlich abgemindert werden. Vereinfachend sollte von einer zweiseitig gehaltenen Wand ausgegangen werden, da sich der Rechenaufwand wesentlich verringert.

Für dreiseitig gehaltene Wände gilt:

$$h_{\text{ef}} = \frac{1}{1 + \left( \alpha_3 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{b'} \right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \geq 0,3 \cdot h$$

Für vierseitig gehaltene Wände gilt:

$$\text{für: } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} \leq 1 \quad h_{\text{ef}} = \frac{1}{1 + \left( \alpha_4 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{b} \right)^2} \cdot \rho_2 \cdot h \geq 0,3 \cdot h$$

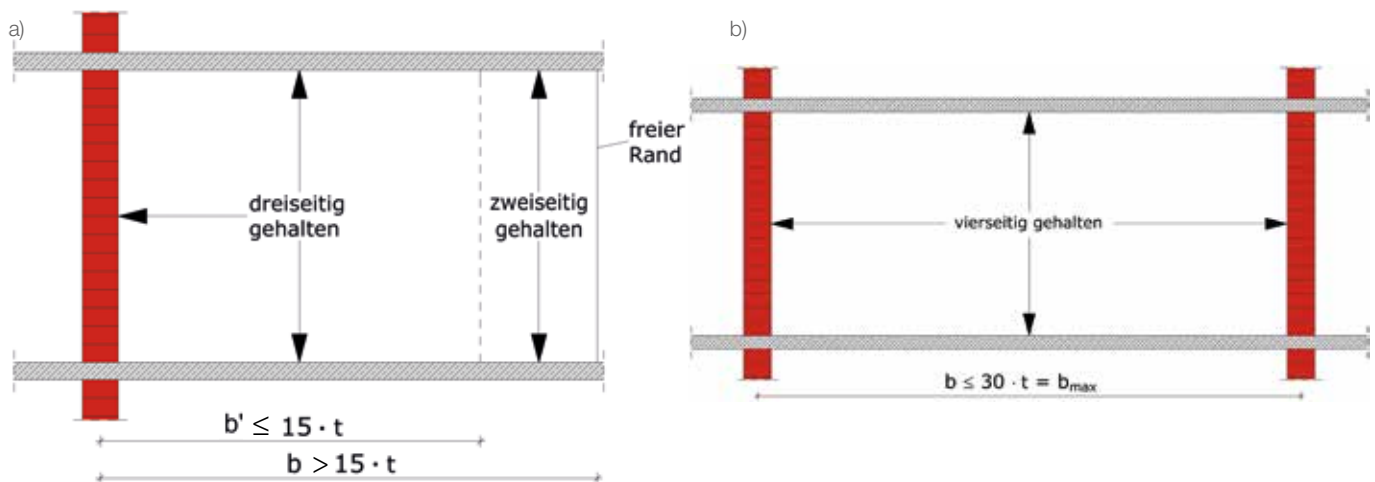
bzw.

$$\text{für: } \alpha_4 \cdot \frac{h}{b} > 1 \quad h_{\text{ef}} = \alpha_4 \cdot \frac{b}{2}$$

Dabei sind

- $\alpha_3, \alpha_4$  Anpassungsfaktoren gem. nachstehender Beschreibung.
- $b, b'$  Abstand des freien Randes von der Mitte der haltenden Wand, bzw. Mittenabstand der haltenden Wände (nach Abbildung 5.8).
- $\rho_2$  Abminderungsfaktor der Knicklänge.
- $h$  lichte Geschosshöhe.

Für Mauerwerk aus normal formatigen Steinen mit einem Überbindemaß  $l_o/h_u \geq 0,4$  sind die Anpassungsfaktoren  $\alpha_3$  und  $\alpha_4$  gleich 1,0 zu setzen, gilt für Poroton Mauerwerk. Für Elementmauerwerk mit einem planmäßigen Überbindemaß  $0,2 \leq l_o/h_u < 0,4$  sind die Anpassungsfaktoren Tabelle NA.16 nach DIN EN 1996-1-1 zu entnehmen.



5.8 : Darstellung der Größen  $b'$  und  $b$ : a) dreiseitig gehaltene Wände b) vierseitig gehaltene Wände

# 5. Bemessung

## 5.4.5 Einzellasten und Teilflächenpressung

In Kapitel 2 wurde bereits auf die mechanischen Grundlagen der konzentrierten Lasteinleitung eingegangen. Der günstige Effekt des dabei auftretenden mehrachsigen Spannungszustands darf im Nachweisformat durch eine erhöhte Druckfestigkeit in Rechnung gestellt werden, sofern die Spaltzugkräfte durch ein ausreichendes Überbindemaß ( $l_{01} > 0,4 h_u$  siehe Kapitel 1.4) aufgenommen werden können. Voraussetzung dafür, dass sich ein günstig wirkender dreiachsiger Spannungszustand ausbildet, ist eine Lastausbreitung unter 60 Grad. Diese Voraussetzung ist für verfüllte POROTON-Großkammerziegel erfüllt.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert einer vertikalen Einzellast  $N_{Edc}$  kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstandes für diese Beanspruchung  $N_{Rdc}$  sein

$$N_{Edc} \leq N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$$

mit

- $\beta$  der Erhöhungsfaktor bei Teilflächenlasten
- $A_b$  die belastete Fläche
- $f_d$  der Bemessungswert der Druckfestigkeit

In allen Fällen sollten unter den Auflagern in halber Wandhöhe die Anforderungen an den Knicksicherheitsnachweis erfüllt werden. Dies gilt einschließlich der Beanspruchungen durch andere überlagerte Vertikallasten.

Die erforderliche Auflagerlänge zur Lasteinleitung ergibt sich unter der Annahme einer Lastverteilung von 60 Grad bis zur Grundfläche des Vollmaterials. Bei einem Endauflager ist ein Überstand nur an einer Seite erforderlich.

Für Mauersteine mit  $a_1 \leq 3 l_1$  gilt bei einer randnahen Einzellast nachfolgende Regelung: Ein erhöhter Wert von  $\beta$  kann mit der Gleichung

$$\beta = 1 + 0,1 \cdot \frac{a_1}{l_1} \leq 1,5$$

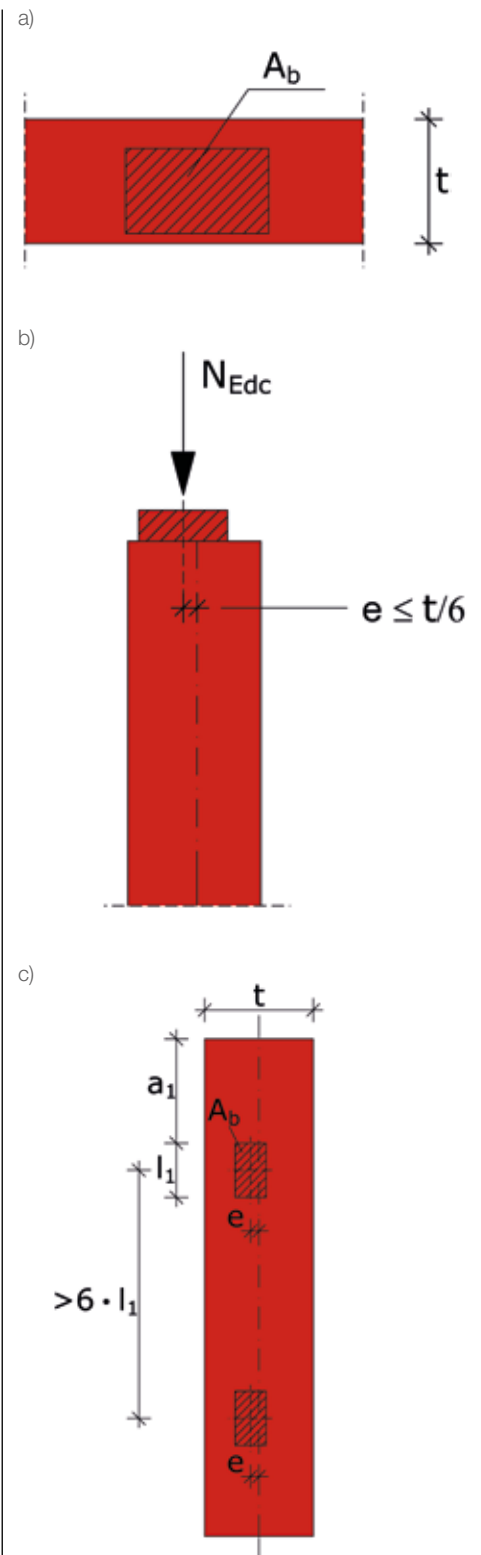
berechnet werden, wenn die folgenden Bedingungen nach Abbildung 5.9 eingehalten sind:

- Belastungsfläche  $A_b \leq 2 \cdot t^2$
- Ausmitte  $e$  des Schwerpunktes der Teilfläche  $A_b$ :  $e < t/6$

Dieser Ansatz kann auch für  $a_1 > 3 l_1$  angewandt werden.

Es gilt:

- $a_1$  der Abstand vom Wandende zu dem am nächsten gelegenen Rand der belasteten Fläche (siehe Abbildung 5.9)
- $l_1$  die Länge der belasteten Fläche (siehe Abbildung 5.9)



5.9 Wände unter Teilflächenlasten:  
a) Grundriss b) Schnitt  
c) Grundriss bei randnahen Teilflächenlasten

## 5.4.6 Überprüfung der Mindestauflast

Es ist sicherzustellen, dass die Einwirkungen aus Wind von den Außenwänden auf die angrenzenden Bauteile übertragen werden.

Für Wände, die als Endauflager für Decken oder Dächer dienen und durch Wind beansprucht werden, darf der Nachweis der Mindestauflast der Wand im vereinfachten Verfahren nach folgender Gleichung erfolgen:

$$N_{Ed} \geq \frac{3 \cdot q_{Ewd} \cdot h^2 \cdot b}{16 \cdot \left(a - \frac{h}{300}\right)}$$

Dabei ist:

h die lichte Geschosshöhe

$q_{Ewd}$  der Bemessungswert der Windlast je Flächeneinheit

$N_{Ed}$  der Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung in Wandmittenhöhe im betrachteten Geschoss

b die Breite, über die die vertikale Belastung wirkt

a die Deckenaufлагertiefe

Für praxisübliche Konstruktionen in den Windlastzonen 1 und 2 kann der Nachweis in aller Regel entfallen (siehe [3]).

## 5.5 Schub

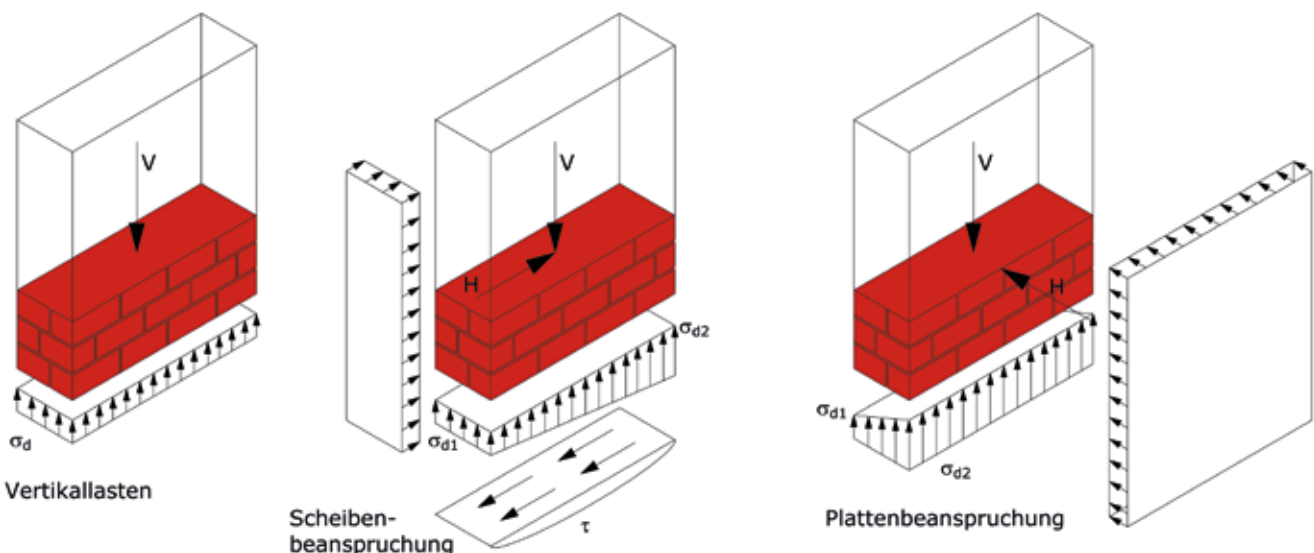
Auf einen rechnerischen Nachweis der Aussteifung darf für Gebäude innerhalb der Anwendungsgrenzen des vereinfachten Verfahrens (siehe 5.4.2) verzichtet werden, wenn die Geschossdecken als steife Scheiben ausgebildet sind bzw. statisch nachgewiesene, ausreichend steife Ringbalken vorliegen, und wenn in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine offensichtlich ausreichende Anzahl von genügend langen aussteifenden Wänden vorhanden ist, die ohne größere Schwächungen und ohne Versprünge bis auf die Fundamente geführt sind.

Bei einer offenen Grundrissgestaltung mit wenigen aussteifenden Wänden kann ein Nachweis der Aussteifungskonstruktion erforderlich werden. In den folgenden Abschnitten sind die wesentlichen Regelungen der DIN EN 1996-1-1 zusammengestellt, nach denen der Schubnachweis geführt werden kann.

Neben der reinen Druckbeanspruchung durch Vertikallasten können zwei weitere Arten der Beanspruchung von Mauerwerksscheiben, je nach Krafrichtung der angreifenden Horizontalkraft, unterschied-

den werden: zum einen die Scheibenbeanspruchung, hervorgerufen durch Einwirkungen parallel zur Wandebene, und zum anderen die Plattenbeanspruchung durch Kräfte senkrecht zur Wandebene (Abbildung 5.10).

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf den Scheibenschub, wie er bei aussteifenden Wandscheiben auftritt. Bei üblichen Anwendungsfällen ist der Nachweis des Plattenschubs nicht erforderlich.



5.10 Beanspruchungen gemauerter Wände

# 5. Bemessung

## 5.5.1 Tragverhalten und Grenzen der Schubtragfähigkeit

Der Lastabtrag von Scheibentragwerken aus Mauerwerk kann sehr anschaulich mit streben- und fächerförmigen Spannungsfeldern erfasst werden. Infolge der gleichzeitig einwirkenden Normalkraft und Schubkraft bildet sich eine Druckdiagonale aus. Da nur in der überdrückten Fuge horizontale Kräfte aufgenommen werden können, hängt die Schubtragfähigkeit von Mauerwerk entscheidend von der Auflast bzw. der Neigung der Druckstrebe ab. Eine hohe Auflast bewirkt einen steileren Neigungswinkel und folglich geringere Exzentrizitäten am Wandfuß und einen höheren Reibungswiderstand. Aus dem Gleichgewicht der Kräfte erhält man die Lage der Resultierenden für unterschiedliche Lastkombinationen.

Unter der Annahme eines linear-elastischen Werkstoffverhaltens kann die überdrückte Länge am Wandfuß in Abhängigkeit von der Ausmitte  $e_w$  berechnet werden

$$l_{c,lin} = 3 \cdot \left( \frac{l}{2} - e_w \right)$$

Dabei ist

$l$  Länge der Wand

$h$  Höhe der Wand

$e_w$  die Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandlängsrichtung mit  $e_w = V_{Ed} \cdot h / N_{Ed}$

$V_{Ed}$  Bemessungswert der in Scheibenrichtung wirkenden Horizontalkraft

$N_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

Die mittlere linear-elastische Spannung am Wandfuß errechnet sich zu

$$\sigma_{Dd} = \frac{N_{Ed}}{t \cdot l_{c,lin}}$$

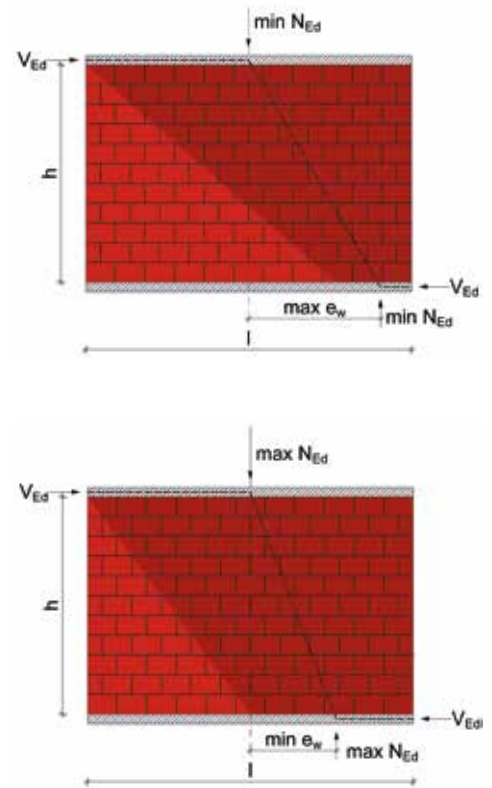
mit

$N_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

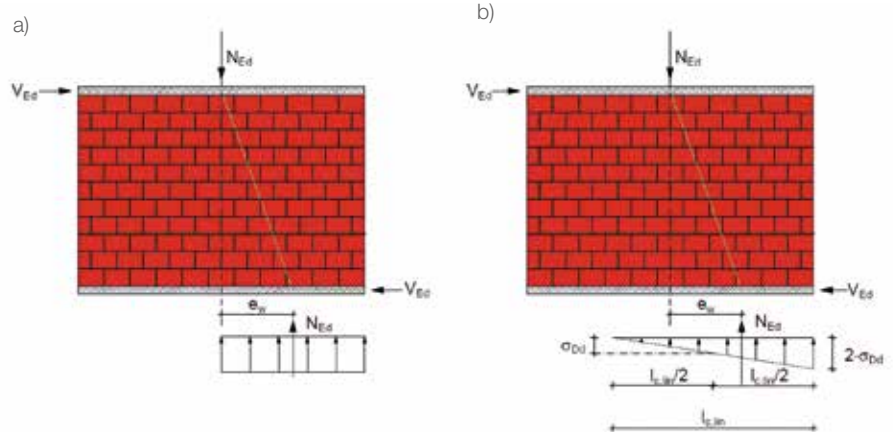
$t$  Wanddicke

Das Schubversagen einer gemauerten Wandscheibe hängt vom Verhältnis der vertikalen Normalspannungen zu den Schubspannungen ab und kann durch drei unterschiedliche Versagensmechanismen beschrieben werden (Abbildung 5.13).

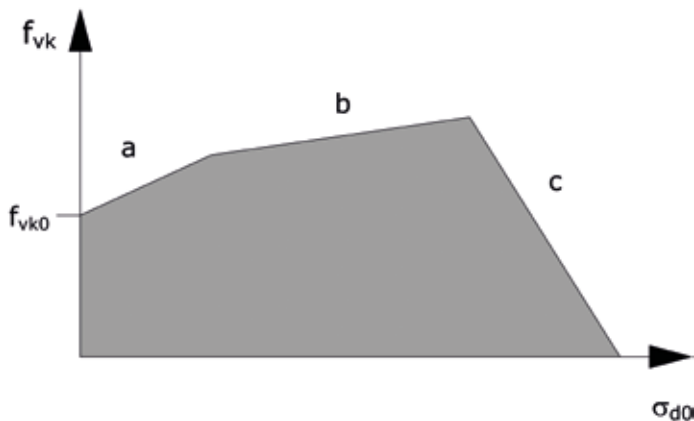
Bei geringen Auflasten wird der Reibungswiderstand der Lagerfuge überschritten (a). In den entsprechenden Versuchen wird häufig ein treppenförmiger Diagonalriss beobachtet. Im Bereich mittlerer Auflasten tritt das Schubversagen als Steinzugversagen auf (b). Bei sehr großen Auflasten wird die Druckfestigkeit des Mauerwerks am Wandfuß maßgebend.



5.11 Mauerwerkscheiben unter Auflast



5.12 Scheibenbeanspruchung: a) Spannungsblock b) linear-elastische Spannungsverteilung



5.13 Versagensmechanismen

### 5.5.2 Nachweise – Übersicht

Für die Nachweisführung unter Querkraftbeanspruchung müssen sowohl der horizontale Tragwiderstand als auch der vertikale Tragwiderstand untersucht werden. Der maßgebende Parameter für die Querkrafttragfähigkeit ist die Schubfestigkeit, die wiederum abhängig von der eintretenden Versagensform (a) oder (b) sein kann. Grundsätzlich ist bei Mauerwerk unter Querkraftbeanspruchung eine ausreichende Sicherheit gegenüber Reibungs- und Steinzugversagen nachzuweisen.

Beim Schubnachweis kann der Dauerstandsfaktor mit  $\zeta = 1,0$  angesetzt werden, wenn es sich um kurzzeitige Beanspruchungen – wie beim Wind – handelt.

Der Nachweis gegenüber der Versagensform (c) Biegedruck hängt von der Druckfestigkeit ab und wird analog zu der in Kapitel 5.4.2 beschriebenen Vorgehensweise geführt. Zu untersuchen sind die Einwirkungskombinationen EWK 1 und EWK 2, wobei die einwirkende Horizontallast aus Wind  $Q_{k,w}$  immer mit  $\gamma_Q = 1,5$  beaufschlagt wird.

EWK 1:  $\max N_{Ed}$  und  $1,5 \cdot Q_{k,w}$

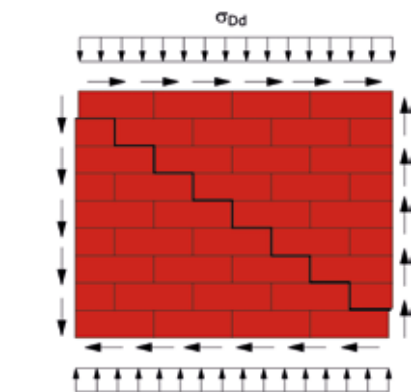
EWK 2:  $\min N_{Ed}$  und  $1,5 \cdot Q_{k,w}$

mit

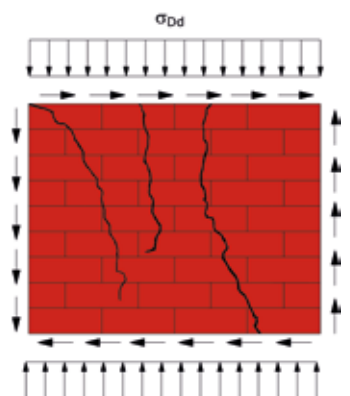
$$\max N_{Ed} = 1,35 N_{Gk} + 1,5 N_{Qk}$$

$$\min N_{Ed} = 1,0 N_{Gk}$$

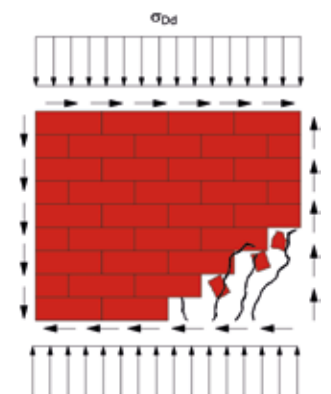
Die Übersicht der einzelnen Nachweise zeigt Abbildung 5.14.



a) Versagen der Lagerfuge auf Reibung



b) Versagen des Steins auf Zug



c) Versagen des Mauerwerks auf Druck

Nachweis	Nachweisstelle	EWK	maßgebende Größe
Querkrafttragfähigkeit	am Wandfuß oder in Wandhöhenmitte	EWK 2	Schubfestigkeit $f_{vk}$
Biegedruck einachsig	am Wandfuß	EWK 1 oder EWK2	Druckfestigkeit $f_k$
Biegedruck kombiniert	in Wandhöhenmitte		
Randdehnung (Gebrauchstauglichkeit)	am Wandfuß	charakteristische Werte	Randdehnung

5.14 Nachweise unter Schubbelastung

# 5. Bemessung

## 5.5.3 Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist für die maßgebende Einwirkungskombination am Wandfuß bzw. in Wandmitte nachzuweisen:

$$V_{Ed} \leq V_{Rdlt}$$

Dabei ist

$V_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft  
 $V_{Rdlt}$  der minimale Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit

Bei der Ermittlung von  $V_{Rdlt}$  ist grundsätzlich die bauaufsichtliche Zulassung zu beachten!

Die Querkrafttragfähigkeit berechnet sich zu

$$V_{Rdlt} = k_{VP} \cdot l_{cal} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot \frac{t}{c}$$

mit

$f_{vk}$  charakteristischer Wert der Schubfestigkeit mit  $f_{vk} = \min f_{vd} = \min \{f_{vt1}; f_{vt2}\}$

$\gamma_M$  Teilsicherheitsbeiwert für das Material

$l_{cal}$  rechnerische Wandlänge. Für den Nachweis von Wandscheiben unter Windbeanspruchung gilt:  $l_{cal} = \min \{1,125 l; 1,333 l_{c,lin}\}$

In allen anderen Fällen ist  $l_{cal} = \min \{l; l_{c,lin}\}$

$c$  Schubspannungsverteilungsfaktor

$c = 1,0$  für  $h/l \leq 1$

$c = 1,5$  für  $h/l \geq 2$

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden

$h$  die lichte Höhe der Wand

$l$  die Länge der Wandscheibe

$l_{c,lin}$  überdrückte Länge der Wandscheibe nach linearer Elastizitätstheorie (siehe Kapitel 5.5.1)

$t$  Dicke der nachzuweisenden Wand

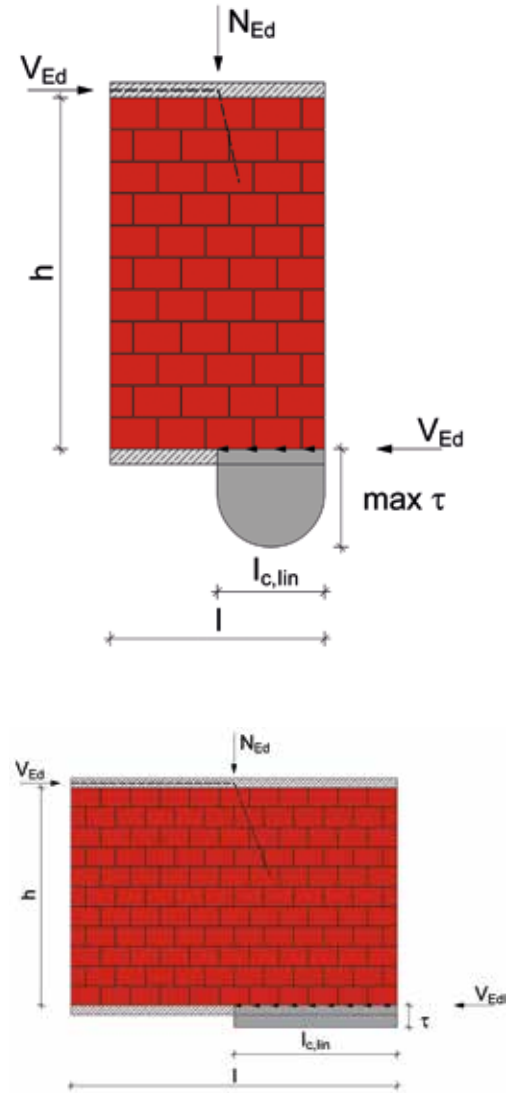
$k_{VP}$  Querkrafttragfähigkeitsfaktor (siehe Tabelle 5.16)

Durch die ungünstige Betrachtung der EWK 1 fällt der Querkraftnachweis deutlich konservativer als nach DIN 1053-1 aus. Eine Angleichung des Sicherheitsniveaus zwischen bewährten Bauweisen und EC wurde durch die Einführung einer rechnerischen Wandlänge  $l_{cal}$  vorgenommen, die den Tragwiderstand erhöht.

Querschnittbereiche, in denen die Fugen rechnerisch klaffen, dürfen beim Schubnachweis nicht in Rechnung gestellt werden. Daher ist die überdrückte Länge  $l_{c,lin}$  Grundlage für die Berechnung der rechnerischen Wandlänge  $l_{cal}$ . Es können sich Werte ergeben, die die geometrische Wandlänge bzw. die Wandlänge des überdrückten Bereiches überschreiten.

Je nach Verhältnis von Scheibenhöhe zur Scheibenbreite bildet sich ein unterschiedlicher Schubspannungsverlauf entlang der überdrückten Fuge aus (Abbildung 5.15).

Nach Scheibentheorie ( $h/l \leq 1$ ) stellt sich ein Verlauf ein, welcher über den Querschnitt als konstant angenommen werden kann. Bei kurzen Wänden und großer Schubschlantheit ( $h/l \geq 2$ ) gilt die technische Biegelehre mit parabolischem Schubspannungsverlauf und dem 1,5-fachen Wert der gemittelten Schubspannung als Maximalwert.



5.15 Schubspannungsverteilung für schlanke und gedrungene Wände



Die Scherfestigkeit  $f_{vt1}$  bildet die Versagensart Reibung ab und ergibt sich bei Mauerwerk mit vermörtelten Stoßfugen zu

$$f_{vt1} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

bzw. bei unvermörtelten Stoßfugen zu

$$f_{vt1} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

Dabei ist

$f_{vk0}$  die Haftscherfestigkeit nach Tabelle 5.15

$\sigma_{Dd}$  der Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannung für den überdrückten Querschnitt (siehe Kapitel 5.5.1)

Tabelle 5.15: Werte für die Haftscherfestigkeit  $f_{vk0}$  von Mauerwerk ohne Auflast

$f_{vk0}$ N/mm <sup>2</sup>					
Normalmauermörtel mit einer Festigkeit $f_m$ N/mm <sup>2</sup>				Dünnbettmörtel (Lagerfugendicke 1 mm bis 3 mm)	Leichtmauermörtel
2,5	5	10	20		
0,08	0,18	0,22	0,26	0,22	0,18

Für Steinzugversagen gilt

$$f_{vt2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}}$$

mit

$f_{bt,cal}$  rechnerische Steinzugfestigkeit (siehe Tabelle 5.16)

# 5. Bemessung

Tabelle 5.16: Werte für die Schubbemessung nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

Produkt Zulassung DIBt Poroton-...	Druckfestig- keitsklasse	mittlere Steindruck- festigkeit $f_{st}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	charakteristi- sche Mauer- werks- druckfestigkeit $f_k$ [MN/m <sup>2</sup> ]	rechn. Stein- zugfestigkeit $f_{bt,cal}^{*1}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Haftscher- festigkeit $f_{vk0}^{*2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Maximalwert der charakteristischen Schubfestigkeit $\max f_{vk}^{*3}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Querkraft- tragfähigkeits- faktor $k_{vp}^{*4}$
<b>T7-P</b> Z-17.1-1103	4/6	5,0/7,5	1,4/1,9	0,130/0,195	0,22	-	0,30
<b>T7</b> Z-17.1-1057	≥ 6	7,0 <sup>5</sup>	1,8	0,182	0,22	0,04	1,00
<b>T7-MW / FZ7</b> Z-17.1-1060	6	7,5	1,8	0,195	0,22	0,04	1,00
<b>T8-P / T8</b> Z-17.1-982	≥ 6	7,0 <sup>5</sup>	1,8	0,182	0,22	0,04	1,00
<b>T8-MW</b> Z-17.1-1041	6	7,5	2,1	0,195	0,22	-	0,30
<b>T9-P / T9</b> Z-17.1-674	≥ 6	7,0 <sup>5</sup>	1,8	0,182	0,22	0,04	1,00
<b>S8-P / S8</b> Z-17.1-1120	10	12,5	3,0	0,25 <sup>1a</sup>	0,22	-	0,40
<b>S8-MW / FZ8</b> Z-17.1-1104	10	12,5	3,0	0,25 <sup>1a</sup>	0,22	-	0,40
<b>S9-P / S9</b> Z-17.1-1058	8/10	10/12,5	3,1/3,6	0,2 <sup>1a</sup> /0,25	0,22	-	0,50
<b>S9-MW / FZ9</b> Z-17.1-1100	10	14,5 <sup>5</sup>	4,2	0,29 <sup>1a</sup>	0,22	-	0,50
<b>S10-P / S10</b> Z-17.1-1017	10	12,5	3,6	0,25 <sup>1a</sup>	0,22	-	0,50
<b>S10-MW / FZ10</b> Z-17.1-1101/-1034	12/10	15/12,5	5,2/3,6	0,3 <sup>1a</sup> /0,25 <sup>1a</sup>	0,22	-	0,50
<b>Planziegel-T8 / U8</b> Z-17.1-1085	6	7,5	1,4	0,195	0,22	-	0,33
<b>Planziegel-T9 / U9</b> Z-17.1-890	6/8	7,5/10	1,4/1,8	0,195/0,26	0,22	-	0,33
<b>Planziegel-T10</b> Z-17.1-889/-890	6/8/12	7,5/10/15	1,8/2,3/2,6	0,195/0,26/0,39	0,22	-	0,33
<b>Planziegel-T12</b> Z-17.1-877	6/8/10	7,5/10/12,5	1,8/2,1/2,6	0,195/0,26/0,325	0,22	-	0,33
<b>Planziegel-T14</b> Z-17.1-651	8/12	10/15	3,1/3,9	0,26/0,39	0,22	-	0,50
<b>Planziegel-T16</b> Z-17.1-651	12	15	3,9	0,39	0,22	-	0,50
<b>Planziegel-T18</b> Z-17.1-678	8	10	3,7	0,2 <sup>1a</sup>	0,22	-	1,00
<b>Keller-Planziegel-T16</b> Z-17.1-651	12	15	3,9	0,39	0,22	-	0,50
<b>Hochlochziegel-Plan-T</b> Z-17.1-868	8/12	10/15	3,7/4,7	0,26/0,39	0,22	-	1,00
<b>Hochlochziegel-Plan-T</b> <b>1,2/1,4</b> Z-17.1-868	20	25	6,3	0,65	0,22	-	1,00
<b>Hochlochziegel-Plan-T</b> <b>1,2/1,4</b> Z-17.1-1108	20	25	8,5	0,65	0,22	-	1,00
<b>Hochlochziegel-Plan-T</b> <b>1,2/1,4</b> Z-17.1-1141	20	25	10,2	0,65	0,22	-	1,00
<b>Planfüllziegel PFZ-T / S-Pz</b> <b>(d=17,5/24,0/30,0 cm)</b> Z-17.1-537	8/12	10/15	4,4/5,8	0,26/0,39	0,22	-	1,00
<b>Planfüllziegel S-Pz</b> <b>(d=30,0 cm)</b> Z-17.1-559	8	10	3,7	0,26	0,22	-	1,00

\*1  $f_{bt,cal} = f_{st} \times 0,026$  (Hochlochsteine) bzw.  $= f_{st} \times 0,020$  (Hohlblocksteine)<sup>1a</sup>

\*2 Für unvermörtelte Stoßfugen gem. DIN EN 1996-1-1/NA, Tab. NA.11 und NDP zu 3.6.2 (4) sind diese Werte mit dem Faktor 0,5 bei Scheibenschub und mit 2/3 bei Plattenschub zu multiplizieren.

\*3 Begrenzung gem. Zulassung

\*4 Faktor gem. bauaufsichtlicher Zulassung zu DIN EN 1996-1-1/NA Gleichungen (NA.19) und (NA.24)

\*5 von DIN-105 abweichender Wert, in Zulassung geregelt

### 5.5.5 Biegedrucktragfähigkeit (einachsig)

Bei querkraftbeanspruchten Wandscheiben ist stets auch der Biegedrucknachweis um die starke Achse zu führen. Der Abminderungsfaktor  $\Phi$  lässt sich allein aus der Exzentrizität der resultierenden Normalkraft ermitteln

$$\Phi = \Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_w}{l}$$

mit

- $\Phi_i$  der Abminderungsfaktor an der maßgebenden Nachweisstelle am Wandkopf bzw. am Wandfuß
- $e_w$  Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandlängsrichtung (siehe Kapitel 5.5.1)
- $l$  Länge der Wandscheibe

### 5.5.6 Randdehnungsnachweis und Begrenzung der Lastexzentrizität im Gebrauchszustand

Durch das sich wiederholende Aufgehen und Schließen der untersten Lagerfuge infolge Wind kann die Haftscherfestigkeit theoretisch verloren gehen.

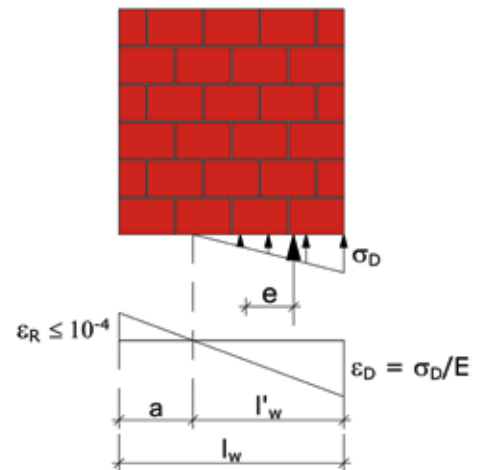
Wird daher beim Nachweis des Reibungsversagens der Rechenwert der Haftscherfestigkeit in Ansatz gebracht wird, so ist bei Windscheiben mit einer Ausmitte  $e > l_w/6$ , die rechnerische Randdehnung aus der Scheibenbeanspruchung auf der Seite der Klaffung für die charakteristische Bemessungssituationen zu begrenzen (Abbildung 5.16).

$$|\epsilon_R| = |\epsilon_D| \cdot \frac{a}{l_w} \leq 10^{-4}$$

mit

- $l_w$  Länge der Wandscheibe
- $l'_w$  überdrückte Länge
- $\sigma_D$  Kantenpressung auf Basis eines linear-elastischen Stoffgesetzes
- $\epsilon_D$  rechnerische Randstauchung
- $\epsilon_R$  rechnerische Randdehnung
- $E$  Kurzzeit-Elastizitätsmodul als Sekantenmodul. Darf zu  $E = 1000 \cdot f_k$  angenommen werden.
- $a$  rechnerische Länge der klaffenden Fuge

Außerdem darf bei Scheibenbeanspruchung in Längsrichtung von Wänden mit Abmessungen  $l/h < 0,5$  die planmäßige Ausmitte am Wandfuß in der häufigen Bemessungssituation (ohne Berücksichtigung der ungewollten Ausmitte und der Kriechausmitte) bezogen auf den Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts rechnerisch nicht größer als  $1/3$  der Wandlänge  $l$  sein. Das heißt, ein Aufreißen des Querschnitts über den Schwerpunkt hinaus ist nicht zulässig.



5.16 Begrenzung der Randdehnung bei Windscheiben

# 5. Bemessung

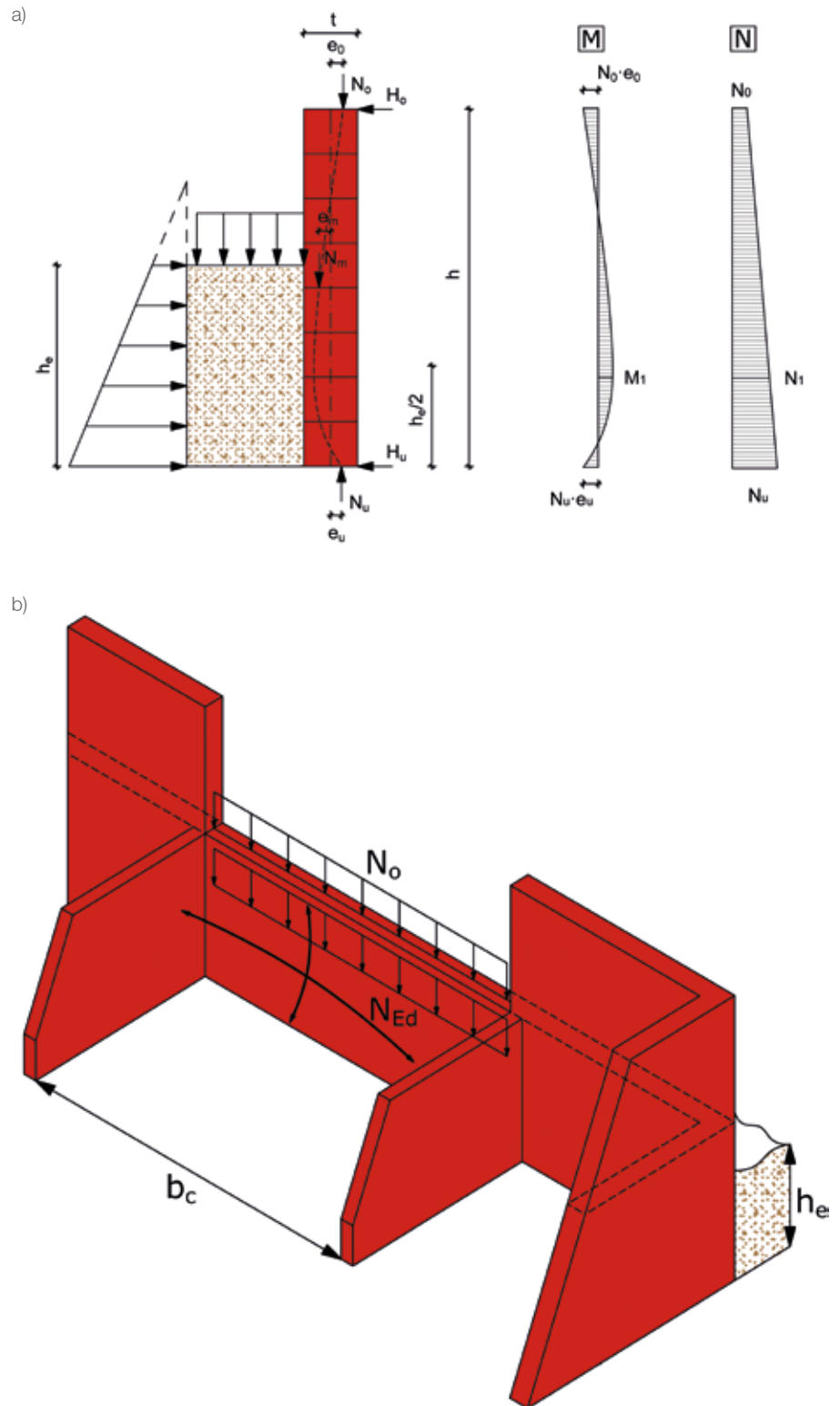
## 5.6 Kelleraußenwände

### 5.6.1 Tragverhalten

Die vorherrschenden horizontalen Einwirkungen auf Kelleraußenwände sind der Erddruck und gegebenenfalls der hydrostatische Druck. Durch die einwirkende Horizontallast, deren Größe wesentlich von der Erdanschütthöhe  $h_e$  abhängt, wird die Kellerwand auf Plattenbiegung beansprucht. Bedingt durch die Fugenstruktur von Mauerwerk, können Biegebeanspruchungen nur unter einer gleichzeitig einwirkenden Druckbeanspruchung aufgenommen werden. Daher wird ähnlich wie bei der Querkrafttragfähigkeit auch die Biegetragfähigkeit ganz wesentlich von der Auflast beeinflusst.

Der Lastabtrag kann durch zwei unterschiedliche statische Modelle abgebildet werden, einem ebenen und einem räumlichen. Dem ebenen Bogenmodell liegt die Annahme zugrunde, dass sich durch die behinderte Rotation am Wandkopf bzw. Wandfuß ein tragender Stützbogen einstellt. Die Einwirkungen werden somit über eine Bogentragwirkung mit im Querschnitt exzentrischen Druckkräften abgetragen. Eine Voraussetzung dafür ist, dass der auftretende Bogenschub durch die Auflager und eine entsprechend große vertikale Last aufgenommen werden kann (Abbildung 5.17 a)

Ein zweiachsiger, räumlicher Lastabtrag kann sich einstellen, wenn horizontal stützende Querwände vorhanden sind. Auch hier muss der Gewölbeschub in beide Richtungen durch die Auflager bzw. die Auflast aufgenommen werden. Außerdem ist zu beachten, dass sich eine Gewölbetragwirkung nur bei vermörtelten Stoßfugen ausbilden kann (Abbildung 5.17 b).



5.17 a) Bogentragwirkung b) Gewölbetragwirkung

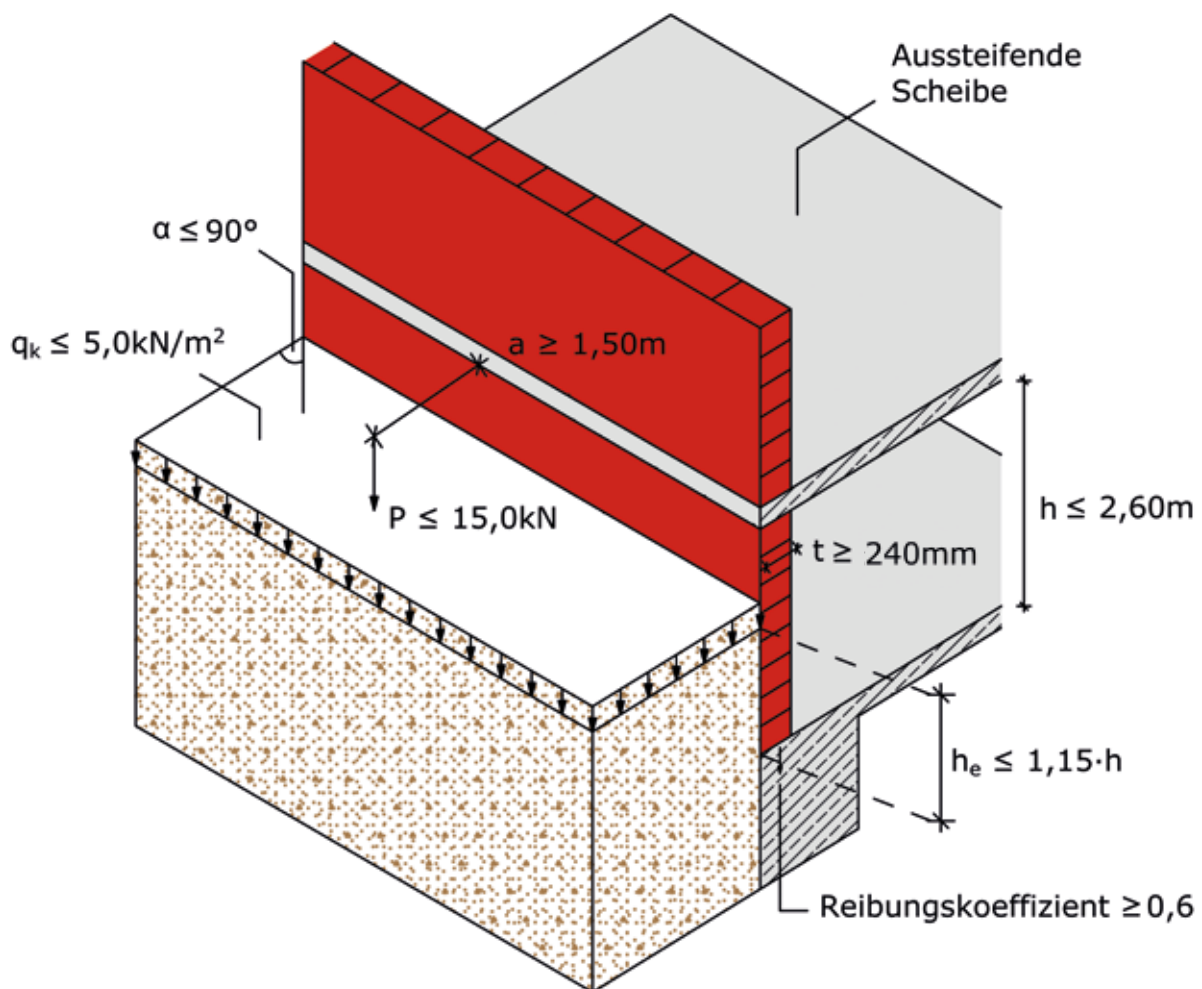
## 5.6.2 Vereinfachte Bemessung von Kelleraußenwänden

Eine vereinfachte Bemessung von Kelleraußenwänden, die durch horizontalen Erddruck beansprucht sind, erfolgt durch die Definition einer minimalen und einer maximalen Auflast. Diese vereinfachte Methode darf angewendet werden, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind (siehe auch Abbildung 5.18):

- die lichte Höhe der Kellerwand ist  $h \leq 2,6 \text{ m}$  und die Wanddicke  $t \geq 240 \text{ mm}$
- die Kellerdecke wirkt als aussteifende Scheibe und kann die aus dem Erddruck resultierenden Kräfte aufnehmen

- die charakteristische Verkehrslast auf der Geländeoberfläche im Einflussbereich des Erddrucks auf die Kellerwand ist nicht größer als  $5 \text{ kN/m}^2$  und es ist keine Einzellast von mehr als  $15 \text{ kN}$  im Abstand von weniger als  $1,5 \text{ m}$  zur Wand vorhanden
- die Geländeoberfläche steigt ausgehend von der Wand nicht an und die Anschütthöhe  $h_e$  darf höchstens  $1,15 h$  betragen
- es wirkt kein hydrostatischer Druck auf die Wand
- ein Gleiten der Wand auf der Bodenplatte wird verhindert, wenn eine besandete Bitumendachbahn R500 oder eine mineralische Dichtungsschlämme vorhanden ist.

Zur Abtragung der Biegespannungen nach dem Bogenmodell muss mindestens die Normalkraft  $N_{\text{Ed,min}}$  wirken. Für die Bestimmung ist der Zeitpunkt der Verfüllung zu beachten. Es dürfen nur Lasten angesetzt werden, welche zum Zeitpunkt der Verfüllung bereits vorhanden sind.



5.18 Randbedingungen für das vereinfachte Verfahren

# 5. Bemessung

Die Begrenzung der maximalen Normalkraft  $N_{Ed,max}$  unterstellt eine Lastausmitte von  $e \leq t/3$  und ist nötig, um die Drucktragfähigkeit des Mauerwerkquerschnitts unter hohen Auflasten nicht zu überschreiten.

Die Grenzwerte für die Auflast sind definiert durch

$$N_{Ed,max} \leq \frac{t \cdot b \cdot f_d}{3}$$

bzw.

$$N_{Ed,min} \geq \frac{\rho_e \cdot b \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t}$$

mit

$N_{Ed,max}$  der Bemessungswert der größten vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Anschüttung

$N_{Ed,min}$  der Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Anschüttung

$b$  Breite der Wand

$b_c$  Abstand zwischen aussteifenden Querwänden oder anderen aussteifenden Elementen

$h$  lichte Höhe der Kellerwand

$h_e$  Höhe der Anschüttung

$t$  Wanddicke

$\rho_e$  Wichte der Anschüttung

$f_d$  Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

$$\beta = \begin{cases} 20 & \text{für } b_c \geq 2 h \\ 60 - 20 \cdot b_c / h & \text{für } h < b_c < 2 h \\ 40 & \text{für } b_c \leq h \end{cases}$$

Der Angriffspunkt der Erddruckresultierenden befindet sich ungefähr in halber Höhe der Anschüttung, weshalb der Nachweis an dieser Stelle zu führen ist.

Den obigen Gleichungen liegt der Ansatz des aktiven Erddruckes zugrunde. Für die Verfüllung und Verdichtung des Arbeitsraumes sind folgende Vorgaben für Rüttelplatten oder Stampfer einzuhalten:

- Breite des Verdichtungsgerätes  $\leq 50$  cm
- Wirtiefe von maximal 35 cm
- Gewicht bis ca. 100 kg bzw. Zentrifugalkräfte bis max. 15 kN

Die Verfüllung des Arbeitsraums darf erst erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass die in den rechnerischen Nachweisen angesetzten Auflasten vorhanden sind.



## 5.8 Mauerwerk und Erdbeben

Mauerwerkskonstruktionen können die in Deutschland zu erwartenden Erdbebeneinwirkungen ohne Schwierigkeiten aufnehmen, wenn beim Tragwerksentwurf einige Grundregeln beachtet werden:

- Der Gebäudegrundriss soll kompakt und annähernd rechteckig sein. Gegliederte Grundrisse können durch Gebäudefugen in kompakte Teilgrundrisse getrennt werden, bei Reihenhaustrennwänden gilt eine Fugenbreite von 40 mm als ausreichend.
- Steifigkeitssprünge zwischen Geschossen und Halbgeschosse sollen vermieden werden.
- In den oberen Geschossen sollen keine größeren Massen angeordnet sein.
- Tragwerke sollen klar strukturiert sein, mit eindeutigen Wegen für die Übertragung der Erdbebenkräfte.
- Aussteifende Wände sollen möglichst symmetrisch angeordnet werden und der Grundriss soll eine ausreichende Torsionssteifigkeit aufweisen.
- Aussteifende Wände benötigen eine ausreichende Auflast. Sie sollen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten übernehmen und über die gesamte Gebäudehöhe durchgehen.
- Geschossdecken sind als steife Scheiben auszubilden.

Weitere Bedingungen sind in DIN 4149 als Voraussetzung für die Anwendung eines stark vereinfachten Nachweisverfahrens festgelegt:

- Verhältnis von Gebäudebreite zu Gebäudelänge größer als 0,25
- mindestens zwei Schubwände je Aussteifungsrichtung mit einer Länge von mindestens 1,99 m
- mindestens Steinfestigkeitsklasse 4
- Verwendung in Erdbebenzone 1, 2 oder 3 nach bauaufsichtlicher Zulassung erlaubt
- maximale Geschosshöhe 3,50 m
- Mindestwanddicken nach Tabelle 5.17
- maximale Anzahl der Vollgeschosse nach Tabelle 5.18
- in den Erdbebenzonen 2 und 3 dürfen nur Ziegelprodukte verwendet werden, die durchgehende Stege in Wandlängsrichtung aufweisen (siehe Tabelle 1.2); diese Anforderung gilt nicht für die Erdbebenzonen 0 und 1

Tabelle 5.17: Mindestanforderungen an aussteifende Wände aus Mauerwerk nach DIN 4149

Erdbebenzone	Schlankheit $h_x/t$	Wanddicke $t$	Wandlänge $l$
		mm	
0		keine Anforderung	
1		nach DIN 1053-1	
2	$\leq 18$	$\geq 150$ <sup>1</sup>	$\geq 980$
3	$\leq 15$	$\geq 175$	$\geq 980$

Tabelle 5.18: Begrenzung der Anzahl der Vollgeschosse für Gebäude nach dem stark vereinfachten Nachweis der Erdbebensicherheit

Erdbebenzone	Bedeutungskategorie	maximale Anzahl von Vollgeschossen
0	keine Einschränkung	keine Anforderung
1	I bis III	4
2	I bis II	3
3	I bis II	2

# 5. Bemessung

Wenn diese Bedingungen eingehalten sind, dann kann auf einen rechnerischen Nachweis der Erdbebensicherheit eines mehrgeschossigen Gebäudes mit aussteifenden Wänden aus Mauerwerk verzichtet werden. Es genügt, nachzuweisen, dass für den maßgebenden Wert der Grundbeschleunigung eine ausreichende auf die Grundrissfläche bezogene Querschnittsfläche aussteifender Wände in jede Beanspruchungsrichtung zur Verfügung steht (siehe Tabelle 5.19). Der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung  $a_g$  ist direkt der Erdbebenzone zugeordnet und wird durch den Untergrundparameter  $S$  und den Bedeutungsbeiwert  $\gamma_1$  skaliert (siehe Tabelle 5.20).

Tabelle 5.19: Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Querschnittsfläche von Schubwänden je Gebäuderichtung nach DIN 4149

Anzahl der Vollgeschosse	$a_g \cdot S \cdot \gamma_1 \leq 0,06 \text{ g} \cdot \text{k}^1$			$a_g \cdot S \cdot \gamma_1 \leq 0,09 \text{ g} \cdot \text{k}^1$			$a_g \cdot S \cdot \gamma_1 \leq 0,12 \text{ g} \cdot \text{k}^1$		
	Steifigkeitsklasse nach DIN 1053-1 <sup>2,3</sup>								
	4	6	$\geq 12$	4	6	$\geq 12$	4	6	$\geq 12$
1	0,02	0,02	0,02	0,03	0,025	0,02	0,04	0,03	0,02
2	0,035	0,03	0,02	0,055	0,045	0,03	0,08	0,05	0,04
3	0,065	0,04	0,03	0,08	0,065	0,05	kein vereinfachter Nachweis zulässig (KvNz)		
4	KvNz	0,05	0,04	KvNz					

<sup>1</sup> Für Gebäude, bei denen mindestens 70 % der betrachteten Schubwände in einer Richtung länger als 2 m sind, beträgt der Beiwert  $k = 1 + (l_{ay} - 2) / 4 \leq 2$ . Dabei ist  $l_{ay}$  die mittlere Wandlänge der betrachteten Schubwände in m. In allen anderen Fällen beträgt  $k = \gamma_1$  nach Tabelle 5.20.

<sup>2</sup> Bei Verwendung unterschiedlicher Steifigkeitsklassen, z.B. für Innen- und Außenwände, sind die Anforderungswerte im Verhältnis der Flächenanteile der jeweiligen Steifigkeitsklasse zu wichten.

<sup>3</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Tabelle 5.20: Bodenbeschleunigung, Untergrundparameter, Bedeutungsbeiwert

Erdbebenzone	$a_g$ in $\text{m/s}^2$	Untergrund	S	Bedeutungskategorie/ Bauwerke	Bedeutungs- beiwert $\gamma_1$
0	keine Berechnung erforderlich	A - R Fels unverwittert	1,00	I z.B. landwirtschaftliche Bauten	0,8
1	0,4	C - R Fels stark verwittert	1,50	II z.B. Wohngebäude	1,0
2	0,6	C - S Sediment stark verwittert	0,75	III z.B. große Wohnanlagen, Verwaltungsgebäude	1,2
3	0,8			IV z.B. Krankenhäuser	1,4

*Hinweis: Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieser Broschüre ist die DIN EN 1998-1 in Deutschland noch nicht bauaufsichtlich eingeführt. Es ist vielmehr so, dass für diese europäische Norm die Veröffentlichung einer überarbeiteten Fassung des Nationalen Anhangs angekündigt ist. Maßgebend für die Nachweise der Erdbebensicherheit von Bauwerken ist damit die DIN 4149.*

## Schrifttum

DIN EN 1990:2010-12: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung  
DIN EN 1991-1-1:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau  
DIN EN 1991-1-3:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Schneelasten  
DIN EN 1991-1-4:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten  
DIN EN 1991-1-7:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Außergewöhnliche Einwirkungen  
DIN EN 1998-1:2010-12: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten  
DIN 4149:2005-04: Eurocode 8: Bauten in deutschen Erdbebengebieten. Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten.

[1] Der Eurocode 6 für Deutschland, DIN EN 1996: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten mit Nationalen Anhängen. Kommentierte Fassung. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau (DGfM), DIN e.V.

[2] Kranzler, T.: Zur Planung, Ausführung und Leistungsfähigkeit des Außenwand-Decken-Knotens von monolithischem Ziegelmauerwerk. Mauerwerk, 2014. S. 58-66.

[3] Graubner, C.-A., Schmitt, M., Förster, V.: Hilfsmittel für die praxisnahe Bemessung von Mauerwerk, Mauerwerk 2014, S. 176-187.

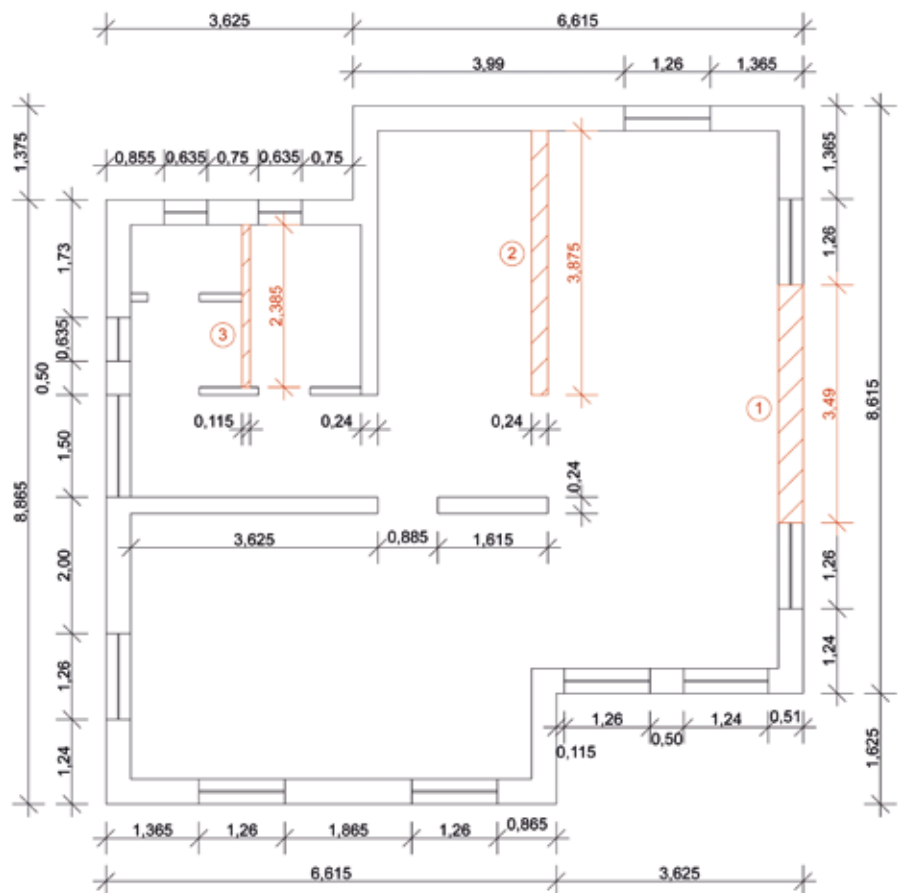
# 6. Bemessungsbeispiele

## 6.1 Einfamilienhaus

Für ein zweigeschossiges Einfamilienhaus (Abbildung 6.1, Abbildung 6.2) werden beispielhaft die in Kapitel 5 vorgestellten Bemessungsverfahren angewandt. Es handelt sich um ein zweigeschossiges, unterkellertes Gebäude mit einem Walmdach. Die Dachkonstruktion wird in Holzbauweise ausgeführt. Alle Geschosse werden aus gemauerten Wänden mit Stahlbetondecken erstellt. Die Stahlbetondecken wirken als aussteifende Deckenscheiben. Für die verputzten, einschaligen Außenwände werden Planziegel T7-36,5-P mit integrierter Wärmedämmung eingesetzt. Die tragenden und nichttragenden Innenwände werden aus Hochlochziegeln Plan-T 12-0,9 und 8-0,8 hergestellt. In Abbildung 6.2 ist der Grundriss des Gebäudes dargestellt. Die für die rechnerischen Nachweise beispielhaft ausgewählten Wände sind durch Schraffur gekennzeichnet.



6.1 Ansicht Einfamilienhaus



6.2 Grundriss Einfamilienhaus

## 6.1.1 Grundlagen

Tabelle 6.1: Zusammenfassung der Positionen

Position	Wandtyp	Produktbezeichnung	Zulassung
Pos. 1	Außenwand im EG	T7-36,5-P Druckfestigkeitsklasse 6 d = 36,5 cm	Z-17.1-1103
Pos. 2	tragende Innenwand im EG	HLz-Plan-T Druckfestigkeitsklasse 12 d = 24 cm	Z-17.1-868
Pos. 3	nichttragende Innenwand im EG	HLz-Plan-T Druckfestigkeitsklasse 8 d = 11,5 cm	Z-17.1-868

Tabelle 6.2: Überprüfung der allgemeinen Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens

Kriterium	Anforderung	Istwert	Bewertung	
maximale Gebäudehöhe	$h \leq 20 \text{ m}$	7,00 m	OK	
maximale Deckenstützweite	$l \leq 6 \text{ m}$	4,20 m	OK	
maximal zulässige Geschosshöhe	Außenwände	$h_s \leq 12 \cdot 0,365 \text{ m}$ = 4,38 m	2,625 m	OK
	Innenwände	$h_s \leq 2,75 \text{ m}$	2,625 m	OK
maximale Verkehrslast auf Decken	$q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$	2,7 kN/m <sup>2</sup>	OK	
Deckenauflagertiefe Außenwände	$a > 0,45t = 16,4 \text{ cm}$	24 cm	OK	

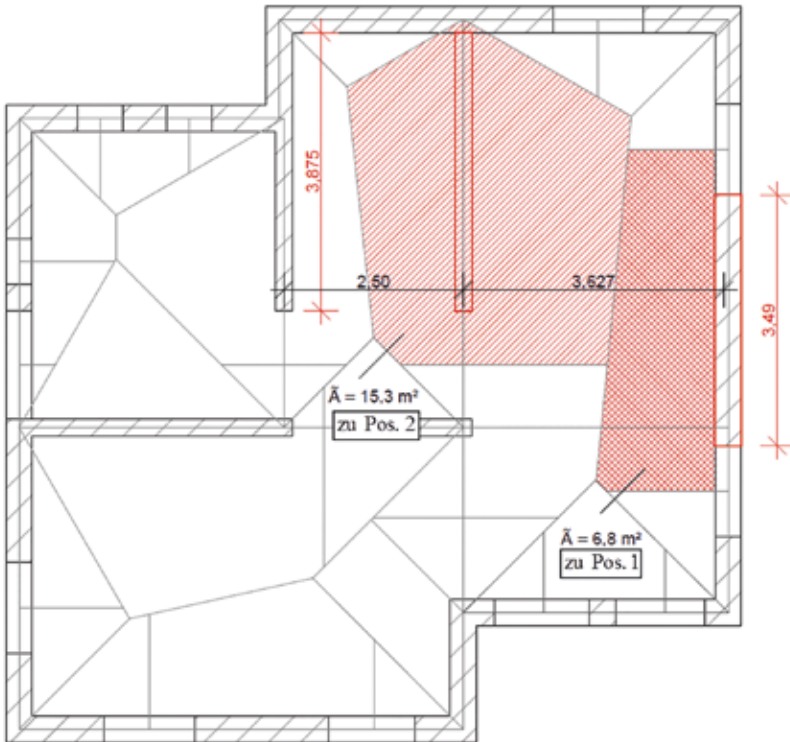
Tabelle 6.3: Vertikale Einwirkungen

ständige Lasten			
	Dach		2,40 kN/m <sup>2</sup>
	Decken: Bodenfliesen Zementestrich Faserdämmstoff Stahlbetondecke Kalkzementputz	8 mm 45 mm 30 mm 200 mm 10 mm	0,18 kN/m <sup>2</sup> 0,99 kN/m <sup>2</sup> 0,03 kN/m <sup>2</sup> 5,00 kN/m <sup>2</sup> 0,20 kN/m <sup>2</sup> <u>6,40 kN/m<sup>2</sup></u>
	Außenwand: Gipsputz Leichtputz Mauerwerk	15 mm 20 mm 365 mm	0,18 kN/m <sup>2</sup> 0,25 kN/m <sup>2</sup> 2,37 kN/m <sup>2</sup> <u>2,80 kN/m<sup>2</sup></u>
	tragende Innenwand		2,35 kN/m <sup>2</sup>
veränderliche Lasten	Schnee (Schneelastzone 2)		0,68 kN/m <sup>2</sup>
	Nutzlast Kategorie A2		1,50 kN/m <sup>2</sup>
	Trennwandzuschlag (Wandgewicht $\leq 5,0 \text{ kN/m}$ )		1,20 kN/m <sup>2</sup>

# 6. Bemessungsbeispiele

Tabelle 6.4: Horizontale Einwirkungen

Windzone 2, Binnenland	$q_p = 0,65 \text{ kN/m}^2$
Druck	$c_{pe,10} = 0,8$
Sog	$c_{pe,10} = -0,5$
Winddruck	$w_{e,10} = 1,3 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2$



6.3 Lasteinzugsflächen

## 6.1.2 Position 1: Außenwand im EG

POROTON T7-36,5-P nach Zulassung Z-17.1-1103, Druckfestigkeitsklasse 6. Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks gemäß Zulassung Tabelle 6.1

$$f_k = 1,9 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks unter Dauerlast

$$f_d = \zeta \cdot \frac{f_k}{\gamma_M} = 0,85 \cdot \frac{1,9 \text{ MN/m}^2}{1,5} = 1,08 \text{ MN/m}^2$$

### Lasten

Aus dem Dach (mittels Nebenrechnung für die Auflagerkräfte)

$$N_{Gk, Da} = 24,7 \text{ kN}$$

$$N_{Qk, Da} = 18,5 \text{ kN (Schnee)}$$



Aus den Decken je Geschoss

$$N_{Gk} = \tilde{A} \cdot g_k$$

$$N_{Qk} = \tilde{A} \cdot q_k$$

$$N_{Gk,De} = 6,8 \text{ m}^2 \cdot 6,4 \text{ kN/m}^2 = 43,5 \text{ kN}$$

$$N_{Qk,De,OG} = 6,8 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \text{ kN/m}^2 = 18,4 \text{ kN}$$

Aus dem Eigengewicht der Wand je Regelgeschoss

$$N_{Gk,Wa} = 2,80 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,625 \text{ m} \cdot 3,49 \text{ m} = 25,7 \text{ kN}$$

## Position 1:

Wanddicke  $t = 36,5 \text{ cm}$

lichte Wandhöhe  $h = 2,625 \text{ m}$

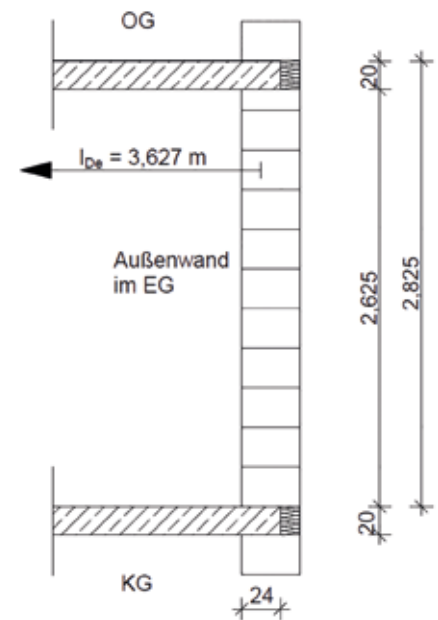
Wandlänge  $l = 3,49 \text{ m}$

Deckendicke  $d = 20 \text{ cm}$

Deckenstützweite  $l_{De} = 3,627 \text{ m}$

Auflagertiefe  $a = 0,24 \text{ m}$

Statisches System:  
zweiseitig gehaltene, einschalige Außenwand



6.4 Position 1

## Schnittgrößen

Normalkraft am Wandfuß des EG

$$\begin{aligned} \max N_{Ed,EG,u} &= 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk} \\ &= 1,35 \cdot (2 \cdot 25,7 \text{ kN} + 24,7 \text{ kN} + 43,5 \text{ kN}) + 1,5 \cdot (18,5 \text{ kN} + 18,4 \text{ kN}) \\ &= 216,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned} \max N_{Ed,EG,u} &= 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk}) \\ &= 1,4 \cdot (2 \cdot 25,7 \text{ kN} + 24,7 \text{ kN} + 2 \cdot 43,5 \text{ kN} + 18,5 \text{ kN} + 18,4 \text{ kN}) \\ &= 219,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

# 6. Bemessungsbeispiele

## Vertikale Tragfähigkeit

Abminderungsfaktoren  $\Phi_s$

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l}{6} = 1,6 - \frac{3,627 \text{ m}}{6} = 1,0 \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t} = 0,9 \cdot \frac{24 \text{ cm}}{36,5 \text{ cm}} = 0,59$$

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{ef} = p_2 \cdot h = 1,0 \cdot 2,625 = 2,625 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left( \frac{h_{ef}}{t} \right)^2 = 0,85 \cdot \frac{0,24 \text{ m}}{0,365 \text{ m}} - 0,0011 \cdot \left( \frac{2,625 \text{ m}}{0,365 \text{ m}} \right)^2 = \underline{0,50}$$

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

$$\Phi_s = \min(\Phi_1, \Phi_2) = 0,50$$

$$N_{Rd} = 0,50 \cdot 3,49 \text{ m} \cdot 0,365 \text{ m} \cdot 1,08 \text{ MN/m} = 0,69 \text{ MN} \geq N_{Ed,EG,u} = 0,219 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

## 6.1.3 Position 2: Innenwand im EG

POROTON Hochlochziegel-Plan-T nach Zulassung Z-17.1-868, Druckfestigkeitsklasse 12  
Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

$$f_k = 4,7 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks unter Dauerlast

$$f_d = \zeta \cdot \frac{f_k}{\gamma_M} = 0,85 \cdot \frac{4,7 \text{ MN/m}^2}{1,5} = 2,66 \text{ MN/m}^2$$

## Lasten

Aufgrund der Dachkonstruktion werden Lasten aus dem Dach nur über die Außenwände abgetragen.  
Für die Innenwände entfällt somit die Ermittlung der Lasten aus dem Dach.

Aus den Decken je Geschoss

$$N_{Gk} = \tilde{A} \cdot g_k$$

$$N_{Qk} = \tilde{A} \cdot q_k$$

$$N_{Gk,De} = 15,3 \text{ m}^2 \cdot 6,4 \text{ kN/m}^2 = 97,9 \text{ kN}$$

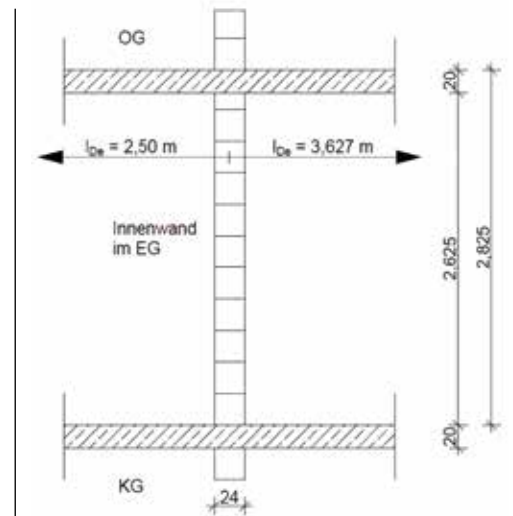
$$N_{Qk,De,OG} = 15,3 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \text{ kN/m}^2 = 41,3 \text{ kN}$$

Aus dem Eigengewicht der Wand je Geschoss

$$N_{Gk,Wa} = 2,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,625 \text{ m} \cdot 3,875 \text{ m} = 23,9 \text{ kN}$$

## Position 2:

Wanddicke	$t = 24 \text{ cm}$
lichte Wandhöhe	$h = 2,625 \text{ m}$
Wandlänge	$l = 3,875 \text{ m}$
Deckendicke	$d = 20 \text{ cm}$
Deckenstützweite	$l_{\text{De,li}} = 2,50 \text{ m}$ $l_{\text{De,re}} = 3,627 \text{ m}$
Auflagertiefe	$a = 0,24 \text{ m}$
Statisches System:	zweiseitig gehaltene, tragende Innenwand



6.5 Position 2

### Schnittgrößen

Normalkraft am Wandfuß des EG

$$\begin{aligned} \max N_{\text{Ed,EG,u}} &= 1,35 \cdot N_{\text{Gk}} + 1,5 \cdot N_{\text{Qk}} \\ &= 1,35 \cdot (2 \cdot 23,9 \text{ kN} + 97,9 \text{ kN}) + 1,5 \cdot 41,3 \text{ kN} = 281,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned} \max N_{\text{Ed,EG,u}} &= 1,4 \cdot (N_{\text{Gk}} + N_{\text{Qk}}) \\ &= 1,4 \cdot (2 \cdot 23,9 \text{ kN} + 97,9 \text{ kN} + 41,3 \text{ kN}) = 261,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Vertikale Tragfähigkeit

Abminderungsfaktoren  $\Phi_s$

$\Phi_1$  bleibt unberücksichtigt, da die Decke vollflächig aufliegt (Zwischenaufleger)

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{\text{ef}} = p_2 \cdot h = 0,9 \cdot 2,625 = 2,36 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left( \frac{h_{\text{ef}}}{t} \right)^2 = 0,85 \cdot \frac{0,24 \text{ m}}{0,24 \text{ m}} - 0,0011 \cdot \left( \frac{2,36 \text{ m}}{0,24 \text{ m}} \right)^2 = \underline{0,74}$$

$$N_{\text{Rd}} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

$$\Phi_s = \min(\Phi_1, \Phi_2) = 0,74$$

$$N_{\text{Rd}} = 0,74 \cdot 3,875 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ m} \cdot 2,66 \text{ MN/m}^2 = 1,83 \text{ MN} \geq N_{\text{Ed,EG,u}} = 0,262 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

# 6. Bemessungsbeispiele

## 6.1.4 Position 3: Nichttragende Innenwand im EG

POROTON Hochlochziegel-Plan-T nach Zulassung Z-17.1-868

Wanddicke  $t = 11,5 \text{ cm}$   
 lichte Wandhöhe  $h = 2,625 \text{ m}$   
 Wandlänge  $l = 2,385 \text{ m}$

**Statisches System:**

Vertikal nicht beanspruchte Innenwand mit begrenzter horizontaler Belastung.  
 Die Wand ist unten und an beiden seitlichen Rändern gehalten, d.h., für den oberen Rand ist keine Halterung erforderlich.

**Nachweis der Grenzabmessungen:**

Nach Tabelle 4.5 kann die maximale Wandlänge durch Interpolation ermittelt werden:  
 Für Wohngebäude gilt Einbaubereich I.

$$l_{\max} = 5,25 \text{ m} \geq 2,385 \text{ m}$$

Nachweis erbracht

## 6.1.5 Erdbebennachweis

Das Gebäude befindet sich in Erdbebenzone 2.

Bemessungswert der Bodenbeschleunigung für Erdbebenzone 2:  $a_g = 0,6 \text{ m/s}^2$

Ohne vorliegende Baugrunduntersuchungen wird der ungünstigste Baugrund C nach DIN 4149 angenommen: Untergrundparameter:  $S = 1,5$

Für gewöhnliche Bauten, z. B. Wohngebäude, ergibt sich die Bedeutungskategorie II: Bedeutungsbeiwert  $\gamma_1 = 1,0$

Tabelle 6.5: Überprüfung der Randbedingungen zur Anwendung des stark vereinfachten Nachweisverfahrens

Kriterium	Anforderung Erdbebenzone 2	Istwert	Bewertung
Gebäudeform	kompakt	kompakt	OK
Grundriss	$b/l \leq 0,25$ annähernd rechteckig	$b/l = 10,24/10,24 = 1,0$ annähernd rechteckig	OK
Regelmäßigkeit	keine Steifigkeitssprünge, keine größeren Massen in den oberen Geschossen	keine Steifigkeitssprünge, keine größeren Massen in den oberen Geschossen	OK
Bedeutungskategorie	$\leq \text{II}$	II (Wohngebäude)	OK
Anzahl der Vollgeschosse	$\leq 3$	2	OK
Geschosshöhe	$\leq 3,50 \text{ m}$	$= 2,625 \text{ m}$	OK
Geschossdecken	mit Scheibenwirkung	Stahlbeton	OK
Aussteifungswände	durchgehend über die Gebäudehöhe	durchgehend über die Gebäudehöhe	OK
Mindestanzahl langer Schubwände in x-Richtung	$2 \times 1,99 \text{ m}$	$\geq 2 \times 1,99 \text{ m}$ u. a. $3,99 \text{ m} + 3,625 \text{ m}$	OK
Mindestanzahl langer Schubwände in y-Richtung	$2 \times 1,99 \text{ m}$	$\geq 2 \times 1,99 \text{ m}$ u. a. $3,49 \text{ m} + 3,875 \text{ m}$	OK
Mindestwanddicke	$\geq 150 \text{ mm}$	$\geq 175 \text{ mm}$	OK
Mindestdruckfestigkeitsklasse	4	Außenwände: 6 Innenwände: 12	OK

Tabelle 6.6: Zusammenstellung der Aussteifungsflächen für den stark vereinfachten Nachweis

Wandart	Wanddicke	Gebäuerichtung x	Gebäuerichtung y
	mm	m <sup>2</sup>	
Innenwände Druckfestigkeitsklasse 12	240	1,26	1,50
Außenwände Druckfestigkeitsklasse 6	365	3,54	5,40

Mindestanforderungen an die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene erforderliche Querschnittsfläche von Schubwänden je Gebäuerichtung:

$$A_{\text{Geschoss}} = 10,24 \text{ m} \cdot 10,24 \text{ m} - 3,625 \text{ m} \cdot 1,625 \text{ m} - 3,625 \text{ m} \cdot 1,375 \text{ m} = 93,98 \text{ m}^2$$

Mindestanforderungen an aussteifende Wände aus Mauerwerk nach DIN 4149 für Erdbebenzone 2:

$$h_k/t \leq 18$$

$$t \geq 150 \text{ mm}$$

$$l \geq 980 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{vorh. } A_{x,\text{Außenw.}} &= 0,365 \text{ m} \cdot (1,115 \text{ m} + 3,99 \text{ m} + 1,365 \text{ m} + 1,365 \text{ m} + 1,865 \text{ m}) \\ &= 3,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{vorh. } A_{x,\text{Innenw.}} = 0,24 \text{ m} \cdot (3,625 \text{ m} + 1,615 \text{ m}) = 1,26 \text{ m}^2$$

$$\text{vorh. } A_{x,\text{ges}} = 3,54 \text{ m}^2 + 1,26 \text{ m}^2 = 4,80 \text{ m}^2$$

Anzahl der Schubwände in x-Richtung, die länger als 2,00 m sind:

$$\frac{2}{7} \triangleq 30\% < 70\%$$

$$k = 1,0$$

$$\begin{aligned} \text{vorh. } A_{y,\text{Außenw.}} &= 0,365 \text{ m} \cdot (1,365 \text{ m} + 3,49 \text{ m} + 1,24 \text{ m} + 1,99 \text{ m} + 1,24 \text{ m} + 2,00 \text{ m} + 1,73 \text{ m} + 1,74 \text{ m}) \\ &= 5,40 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{vorh. } A_{y,\text{Innenw.}} = 0,24 \text{ m} \cdot (2,385 \text{ m} + 3,875 \text{ m}) = 1,50 \text{ m}^2$$

$$\text{vorh. } A_{y,\text{ges}} = 5,40 \text{ m}^2 + 1,50 \text{ m}^2 = 6,90 \text{ m}^2$$

Anzahl der Schubwände in y-Richtung, die länger als 2,00 m sind:

$$\frac{3}{10} \triangleq 30\% < 70\%$$

$$k = 1,0$$

Nach Tabelle 5.19 ergeben sich der Bemessungswert

$$a_g \cdot S \cdot \gamma_1 = 0,6 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 0,9 \text{ m/s}^2 \leq 0,12 \cdot g \cdot k = 0,12 \cdot 9,81 \cdot 1 = 1,18 \text{ m/s}^2$$

und die erforderlichen auf die Grundrissfläche bezogenen Querschnittsflächen je Gebäuerichtung.

## 6. Bemessungsbeispiele

Gebäuerichtung x:

Anteil Festigkeitsklasse 6:  $3,54 \text{ m}^2 / 4,80 \text{ m}^2 = 74 \%$

Erforderliche Querschnittsfläche: 5 %

Anteil Festigkeitsklasse 12:  $1,26 \text{ m}^2 / 4,80 \text{ m}^2 = 26 \%$

Erforderliche Querschnittsfläche: 4 %

$$\text{erf. } A_x = (0,74 \cdot 0,05 + 0,26 \cdot 0,04) \cdot 93,98 \text{ m}^2 = 4,45 \text{ m}^2 \leq 4,80 \text{ m}^2$$

Gebäuerichtung y:

Anteil Festigkeitsklasse 6:  $5,40 \text{ m}^2 / 6,90 \text{ m}^2 = 78 \%$

Erforderliche Querschnittsfläche: 5 %

Anteil Festigkeitsklasse 12:  $1,50 \text{ m}^2 / 6,90 \text{ m}^2 = 22 \%$

Erforderliche Querschnittsfläche: 4 %

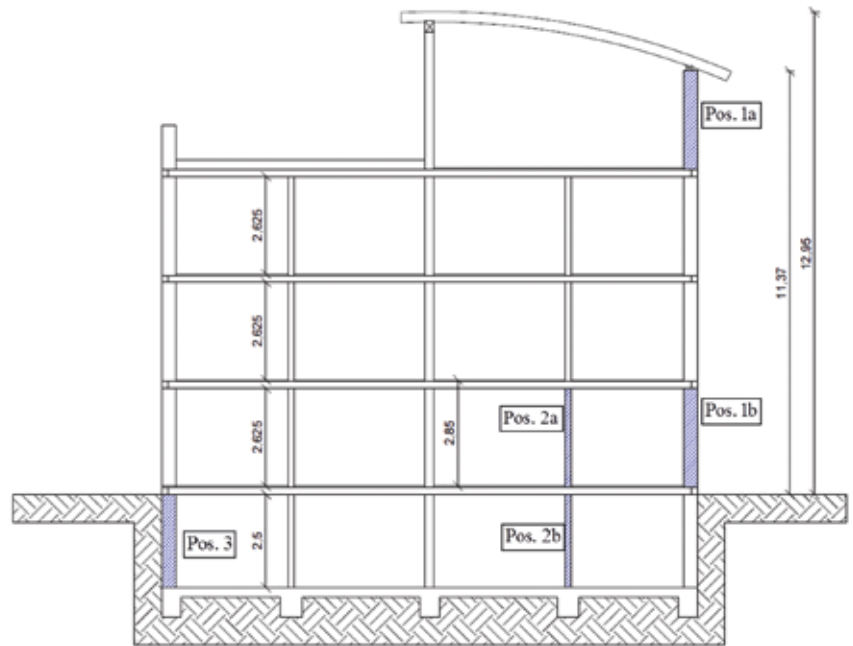
$$\text{erf. } A_y = (0,78 \cdot 0,05 + 0,22 \cdot 0,04) \cdot 93,98 \text{ m}^2 = 4,49 \text{ m}^2 \leq 6,63 \text{ m}^2$$

Kein rechnerischer Nachweis der Erdbbensicherheit erforderlich

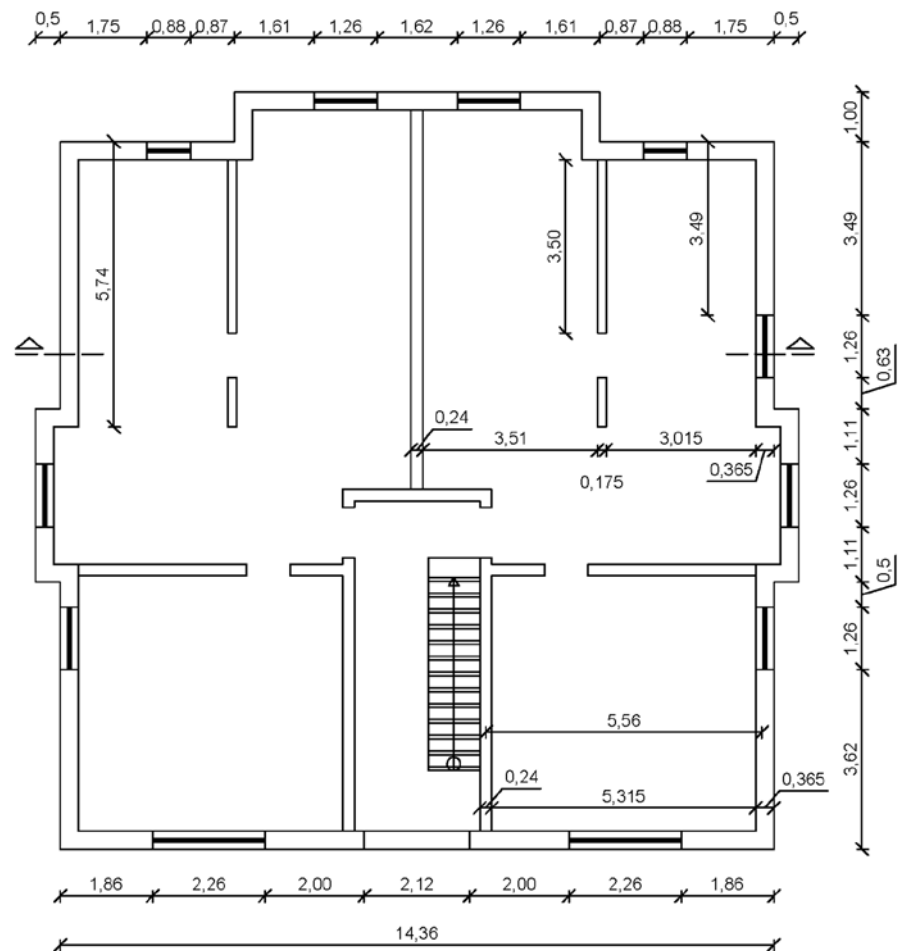


## 6.2 Mehrfamilienhaus

Die nachfolgend dargelegten Berechnungsbeispiele werden für ein Mehrfamilienhaus (Abbildung 6.6) nach dem in Kapitel 5 vorgestellten vereinfachten Verfahren geführt. Es handelt sich um ein dreigeschossiges, unterkellertes Gebäude mit einem Staffelgeschoss. Die Dachkonstruktion des Staffelgeschosses wird in Holzbauweise erstellt. Alle Geschosse werden aus gemauerten Wänden mit Stahlbetondecken erstellt. Die Stahlbetondecken wirken als aussteifende Deckenscheiben. Für die verputzten, einschaligen Außenwände werden wärmedämmende Geschosswohnungsbauziegel S10-MW mit guten statischen und schalldämmenden Eigenschaften verwendet. Als Wandbaustoffe für die Zwischenwände und nichttragenden Innenwände werden Hochlochziegel Plan-T 12-0,9 und 8-0,8 eingesetzt. Die Wandstöße werden in Stumpfstoßtechnik mit Flachstahlankern ausgeführt. Die Trennwände zum Treppenhaus und zwischen den Wohneinheiten werden mit Planfüllziegeln PFZ-T 24,0 cm mit Ein- oder Durchbindung in die Außenwände erstellt.



6.6 Ansicht Mehrfamilienhaus



6.7 Grundriss Mehrfamilienhaus

# 6. Bemessungsbeispiele

## 6.2.1 Grundlagen

Tabelle 6.7: Zusammenfassung der Positionen

Position	Wandtyp	Produktbezeichnung	Zulassung
Pos. 1a	Außenwand im DG	S10-36,5-MW Druckfestigkeitsklasse 12 d=36,5 cm	Z-17.1-1101
Pos. 1b	Außenwand im EG	S10-36,5-MW Druckfestigkeitsklasse 12 d=36,5 cm	Z-17.1-1101
Pos. 2a	Innenwand im EG	HLz-Plan-T Druckfestigkeitsklasse 20 d=17,5 cm	Z-17.1-1108
Pos. 2b	Innenwand im KG	HLz-Plan-T Druckfestigkeitsklasse 20 d=17,5 cm	Z-17.1-1108
Pos. 3	Kelleraußenwand im KG	S10-36,5-MW Druckfestigkeitsklasse 12 d=36,5 cm	Z-17.1-1101

Tabelle 6.8: Überprüfung der allgemeinen Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens

Kriterium	Anforderung	vorhanden	Bewertung	
maximale Gebäudehöhe	$h \leq 20 \text{ m}$	$h = (11,37 \text{ m} + 12,95 \text{ m})/2 = 12,16 \text{ m}$	OK	
maximale Deckenstützweite	$l \leq 6 \text{ m}$	5,56 m	OK	
maximal zulässige Geschosshöhe	Außenwände	$h_s \leq 12 \cdot 0,365 \text{ m} = 4,38 \text{ m}$	2,625 m	OK
	Innenwände	$h_s \leq 2,75 \text{ m}$	2,625 m	OK
maximale Verkehrslast auf Decken	$q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$	2,7 kN/m <sup>2</sup>	OK	
Deckenauflagertiefe Außenwände	$a > 0,45t = 16,4 \text{ cm}$	24 cm	OK	

Tabelle 6.9: Vertikale Einwirkungen

ständige Lasten			
	Dach		1,60 kN/m <sup>2</sup>
	Decken: Bodenfliesen Zementestrich Faserdämmstoff Stahlbetondecke Kalkzementputz	8 mm 45 mm 30 mm 20 cm 10 mm	0,18 kN/m <sup>2</sup> 0,99 kN/m <sup>2</sup> 0,03 kN/m <sup>2</sup> 5,00 kN/m <sup>2</sup> 0,20 kN/m <sup>2</sup> <u>6,40 kN/m<sup>2</sup></u>
	Außenwand: Gipsputz Leichtputz Mauerwerk	15 mm 20 mm 365 mm	0,18 kN/m <sup>2</sup> 0,25 kN/m <sup>2</sup> 3,29 kN/m <sup>2</sup> <u>3,72 kN/m<sup>2</sup></u>
	Innenwand: Gipsputz Mauerwerk	2 · 16 mm 175 mm	0,38 kN/m <sup>2</sup> 2,28 kN/m <sup>2</sup> <u>2,66 kN/m<sup>2</sup></u>
veränderliche Lasten	Schnee (Schneelastzone 2)		0,68 kN/m <sup>2</sup>
	Nutzlast Kategorie A2		1,50 kN/m <sup>2</sup>
	Trennwandzuschlag		1,20 kN/m <sup>2</sup>

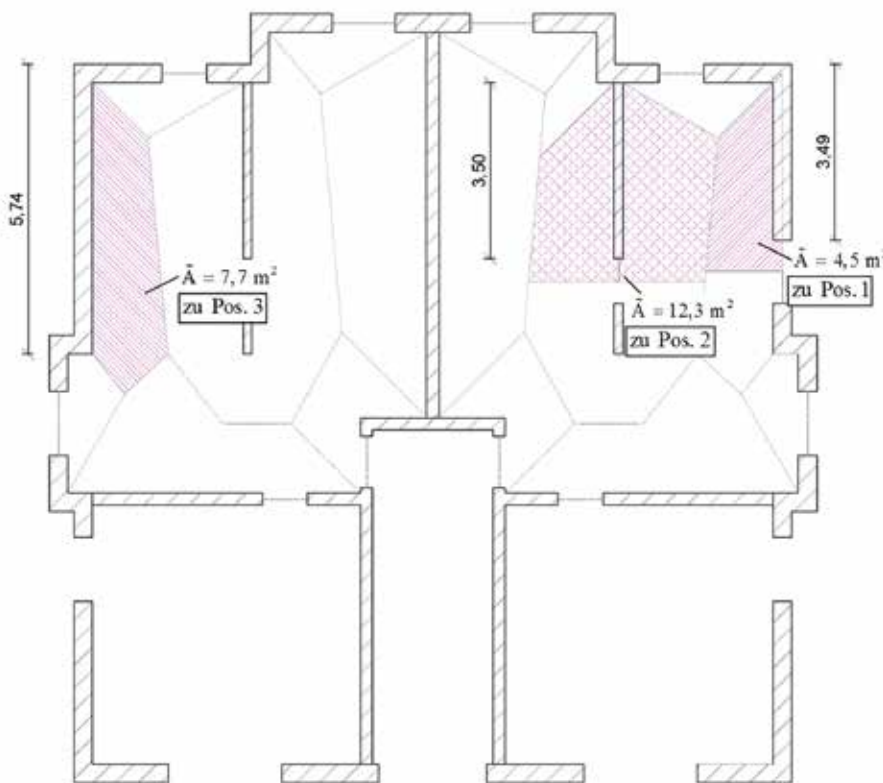
Tabelle 6.10: Horizontale Einwirkungen

Windzone 2, Binnenland	$q_p = 0,8 \text{ kN/m}^2$
Druck	$c_{pe,10} = 0,8$
Sog	$c_{pe,10} = -0,5$
Winddruck	$w_{e,10} = q_p \cdot c_{pe,10} = 1,3 \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 = 1,04 \text{ kN/m}^2$

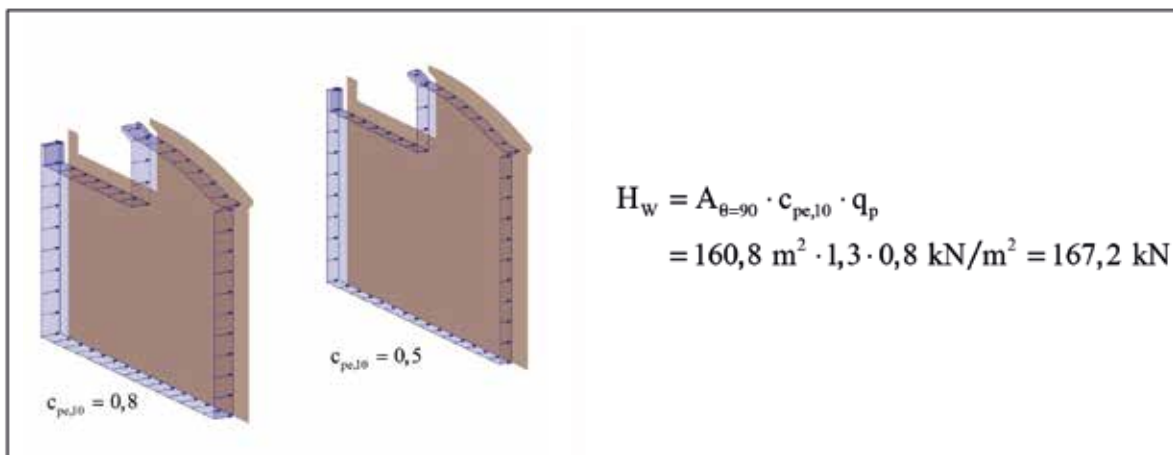
Lastfall: Wind auf die Giebelwand  
 ( $\theta = 90^\circ$ : Anströmung parallel zur Traufe vgl. Abbildung 6.9)

Horizontalkraft aus Wind

$$H_w = A_{\theta=90} \cdot c_{pe,10} \cdot q_p = 160,8 \text{ m}^2 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 = 167,2 \text{ kN}$$



6.8 Lasteinzugsflächen



6.9 Angeströmte Fläche und resultierende Windkraft

# 6. Bemessungsbeispiele

## 6.2.2 Position 1

POROTON S10-36,5-MW nach Zulassung Z-17.1-1101, Druckfestigkeitsklasse 12:

Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

$$f_k = 5,2 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks unter Dauerlast

$$f_d = \frac{0,85 \cdot 5,2}{1,5} = 2,95 \text{ MN/m}^2$$

### Lasten

Aus dem Dach (mittels Nebenrechnung für die Auflagerkräfte)

$$N_{Gk, Da} = 27,9 \text{ kN}$$

$$N_{Qk, Da} = 11,0 \text{ kN (Schnee)}$$

Aus den Decken je Geschoss

$$N_{Gk, De} = \tilde{A} \cdot g_k$$

$$N_{Qk, De} = \tilde{A} \cdot q_k$$

$$N_{Gk, De} = 4,5 \text{ m}^2 \cdot 6,4 \text{ kN/m}^2 = 28,8 \text{ kN}$$

$$N_{Qk, De} = 4,5 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \text{ kN/m}^2 = 12,2 \text{ kN}$$

Aus dem Eigengewicht der Wand je Regelgeschoss

$$N_{Gk, Wa} = 3,72 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,625 \text{ m} \cdot 3,49 \text{ m} = 34,1 \text{ kN}$$

## 6.2.3 Position 1a: Außenwand im DG

Wanddicke  $t = 36,5 \text{ cm}$

lichte Wandhöhe  $h = 2,625 \text{ m}$

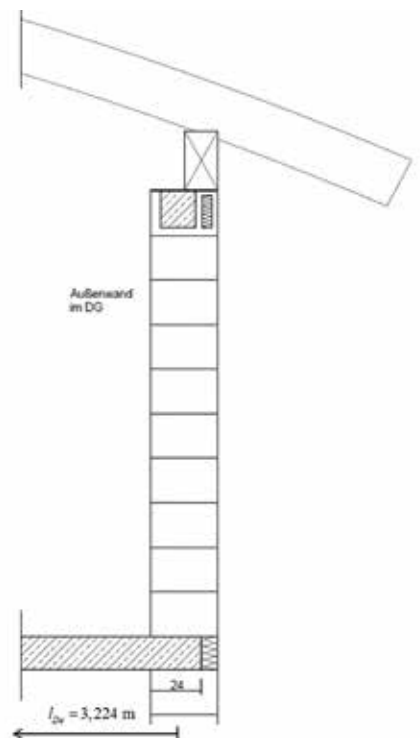
Wandlänge  $l = 3,49 \text{ m}$

Deckendicke  $d = 20 \text{ cm}$

Deckenstützweite  $l_{De} = 3,224 \text{ m}$

Auflagertiefe  $a = 0,24 \text{ m}$

Statisches System:  
zweiseitig gehaltene, einschalige Außenwand



6.10 Position 1a

## Schnittgrößen

Normalkraft am Wandfuß des DG

$$\begin{aligned}\max N_{\text{Ed,DG,u}} &= 1,35 \cdot N_{\text{Gk}} + 1,5 \cdot N_{\text{Qk}} \\ &= 1,35 \cdot (27,9 \text{ kN} + 34,1 \text{ kN}) + 1,5 \cdot 11,0 \text{ kN} = 100,2 \text{ kN}\end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned}\max N_{\text{Ed,DG,u}} &= 1,4 \cdot (N_{\text{Gk}} + N_{\text{Qk}}) \\ &= 1,4 \cdot (27,9 \text{ kN} + 34,1 \text{ kN} + 11,0 \text{ kN}) = 102,2 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\min N_{\text{Ed,DG,u}} &= 1,0 \cdot N_{\text{Gk}} \\ &= 1,0 \cdot (27,9 \text{ kN} + 34,1 \text{ kN}) = 62,0 \text{ kN}\end{aligned}$$

Minimale Normalkraft in Wandhöhenmitte des DG zum Nachweis der Mindestauflast

$$\begin{aligned}\min N_{\text{Ed,DG,m}} &= 1,0 \cdot N_{\text{Gk}} \\ &= 1,0 \cdot (27,9 \text{ kN} + 0,5 \cdot 34,1 \text{ kN}) = 45,0 \text{ kN}\end{aligned}$$

## Vertikale Tragfähigkeit

Abminderungsfaktoren  $\Phi_s$   
bei Decken über dem obersten Geschoss

$$\Phi_1 = 0,33$$

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

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{\text{ef}} = p_2 \cdot h = 1,0 \cdot 2,625 = 2,625 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{0,24}{0,365} - 0,0011 \cdot \left( \frac{2,625}{0,365} \right)^2 = 0,50$$

$$N_{\text{Rd}} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

$$\Phi_s = \min(\Phi_1, \Phi_2) = 0,33$$

Auf der sicheren Seite liegend wird der Nachweis mit den Lasten am Wandfuß und dem ungünstigeren Abminderungsfaktor für die Situation am Wandkopf geführt.

$$N_{\text{Rd}} = 0,33 \cdot 3,49 \text{ m} \cdot 0,365 \text{ m} \cdot 2,95 \text{ MN/m}^2 = 1,24 \text{ MN} \geq N_{\text{Ed,DG,u}} = 0,10 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

# 6. Bemessungsbeispiele

## Nachweis der Mindestauflast im DG

$$N_{Ed} \geq \frac{3 \cdot q_{Ewd} \cdot h^2 \cdot b}{16 \cdot \left( a - \frac{h}{300} \right)}$$

Der Nachweis wird für den Lastfall Wind auf die hohe Traufe ( $\theta = 180^\circ$ ) in halber Wandhöhe geführt.

$$\begin{aligned} q_{Ewd} &= \gamma_Q \cdot c_{pe,10} \cdot q_k \\ &= 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \text{ kN/m}^2 = 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 3,49 \text{ m} + 1,26 \text{ m}/2 = 4,12 \text{ m} \\ &= 1,4 \cdot (27,9 \text{ kN} + 34,1 \text{ kN} + 11,0 \text{ kN}) = 102,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_{Ed} \geq \frac{3 \cdot 0,96 \cdot 2,625^2 \cdot 4,12}{16 \cdot \left( 0,24 - \frac{2,625}{300} \right)} = 13,8 \text{ kN}$$

Die minimale Normalkraft in Wandhöhenmitte beträgt abzüglich des auf die Dachfläche wirkenden Windsoges

$$\min N_{Ed,DG,m} = 45,0 \text{ kN} - 18,0 \text{ kN} = 23,0 \text{ kN} \geq 13,8 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

## 6.2.4 Position 1b: Außenwand im EG

Wanddicke	$t = 36,5 \text{ cm}$
lichte Wandhöhe	$h = 2,625 \text{ m}$
Wandlänge	$l = 3,49 \text{ m}$
Deckendicke	$d = 20 \text{ cm}$
Deckenstützweite	$l_{De} = 3,224 \text{ m}$
Auflagertiefe	$a = 0,24 \text{ m}$

Statisches System:  
zweiseitig gehaltene, einschalige Außenwand



6.11 Position 1b



### Schnittgrößen

Normalkraft am Wandfuß des EG

$$\max N_{\text{Ed,EG,u}} = 1,35 \cdot (27,9 \text{ kN} + 4 \cdot 34,1 + 3 \cdot 28,8 \text{ kN}) + 1,5 \cdot (3 \cdot 12,2 \text{ kN} + 11,0 \text{ kN}) = 409,8 \text{ kN}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned} \max N_{\text{Ed,EG,u}} &= 1,4 \cdot (N_{\text{Gk}} + N_{\text{Qk}}) \\ &= 1,4 \cdot (27,9 \text{ kN} + 4 \cdot 34,1 + 3 \cdot 28,8 \text{ kN} + 3 \cdot 12,2 \text{ kN} + 11,0 \text{ kN}) = 417,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Vertikale Tragfähigkeit

Abminderungsfaktoren  $\Phi_s$

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l}{6} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t}$$

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{3,224}{6} = 1,06 \leq 0,9 \cdot \frac{0,24}{0,365} = 0,60$$

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

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{\text{ef}} = p_2 \cdot h = 1,0 \cdot 2,625 = 2,625 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{0,24}{0,365} - 0,0011 \cdot \left( \frac{2,625}{0,365} \right)^2 = \underline{0,50}$$

$$N_{\text{Rd}} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

$$\Phi_s = \min(\Phi_1, \Phi_2) = 0,50$$

Auf der sicheren Seite liegend, zur Verringerung des Rechenaufwands, wird der Nachweis mit den Lasten am Wandfuß und dem ungünstigen Abminderungsfaktor für das Knicken, in Wandmitte geführt.

$$N_{\text{Rd}} = 0,50 \cdot 3,49 \text{ m} \cdot 0,365 \text{ m} \cdot 2,95 \text{ MN/m}^2 = 1,88 \text{ MN} \geq N_{\text{Ed,EG,u}} = 0,418 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

# 6. Bemessungsbeispiele

## 6.2.5 Position 2

POROTON-Hochlochziegel-Plan-T 17,5-1,2 nach Zulassung Z-17.1-1108, Druckfestigkeitsklasse 20

Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

$$f_k = 8,5 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks unter Dauerlast

$$f_d = \frac{0,85 \cdot 8,5}{1,5} = 4,8 \text{ MN/m}^2$$

Mittlere Steindruckfestigkeit

$$f_{st} = 25,0 \text{ MN/m}^2$$

Haftscherfestigkeit

$$f_{vk0} = 0,22 \text{ MN/m}^2$$

Gemäß bauaufsichtlicher Zulassung gelten für die rechnerische Steinzugfestigkeit die Festlegungen für Hohlblocksteine.

Rechnerische Steinzugfestigkeit

$$\begin{aligned} f_{bt,cal} &= 0,020 \cdot f_{st} \\ &= 0,020 \cdot 25,0 = 0,5 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

### Lasten

Aus den Decken je Geschoss

$$N_{Gk,De} = \tilde{A} \cdot g_k$$

$$N_{Qk,De} = \tilde{A} \cdot q_k$$

$$N_{Gk,De} = 12,3 \text{ m}^2 \cdot 6,4 \text{ kN/m}^2 = 78,7 \text{ kN}$$

$$N_{Qk,De} = 12,3 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \text{ kN/m}^2 = 33,2 \text{ kN}$$

Aus dem Eigengewicht der Wand je Regelgeschoss

$$N_{Gk,Wa} = 2,66 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,625 \text{ m} \cdot 3,50 \text{ m} = 24,4 \text{ kN}$$

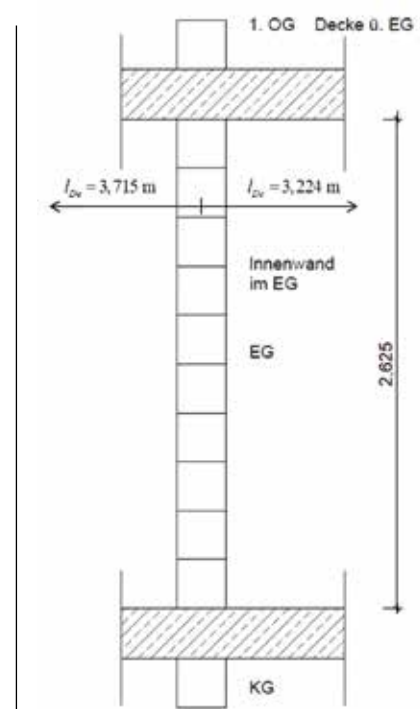
Aus dem Eigengewicht der Wand je Kellergeschoss

$$N_{Gk,Wa,KG} = 2,66 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,50 \text{ m} \cdot 3,50 \text{ m} = 23,3 \text{ kN}$$

## Position 2a: Innenwand im EG

Wanddicke	$t = 17,5 \text{ cm}$
lichte Wandhöhe	$h = 2,625 \text{ m}$
Wandlänge	$l = 3,50 \text{ m}$
Deckendicke	$d = 20 \text{ cm}$
Deckenstützweite	$l_{DE,li} = 3,715 \text{ m}$ $l_{DE,re} = 3,224 \text{ m}$
Auflagertiefe	$a = 17,5 \text{ m}$

Statisches System:  
zweiseitig gehaltene, tragende Innenwand



6.12 Position 2a

### Schnittgrößen

Normalkraft in Wandhöhenmitte des EG

$$\begin{aligned} \max N_{Ed,EG,m} &= 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 \cdot N_{Qk} \\ &= 1,35 \cdot (2,5 \cdot 24,4 + 3 \cdot 78,7 \text{ kN}) + 1,5 \cdot 3 \cdot 33,2 \text{ kN} = 550,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned} \max N_{Ed,EG,m} &= 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk}) \\ &= 1,4 \cdot (2,5 \cdot 24,4 + 3 \cdot 78,7 \text{ kN} + 3 \cdot 33,2 \text{ kN}) = 555,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \min N_{Ed,EG,m} &= 1,0 \cdot N_{Gk} \\ &= 1,0 \cdot (2,5 \cdot 24,4 + 3 \cdot 78,7 \text{ kN}) = 297,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Normalkraft am Wandfuß des EG

$$\begin{aligned} \max N_{Ed,EG,u} &= 1,35 \cdot N_{Gk} + 1,5 N_{Qk} \\ &= 1,35 \cdot (3 \cdot 24,4 + 3 \cdot 78,7 \text{ kN}) + 1,5 \cdot 3 \cdot 33,2 \text{ kN} = 567,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned} \max N_{Ed,EG,u} &= 1,4 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk}) \\ &= 1,4 \cdot (3 \cdot 24,4 + 3 \cdot 78,7 \text{ kN} + 3 \cdot 33,2 \text{ kN}) = 572,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \min N_{Ed,EG,u} &= 1,0 \cdot N_{Gk} \\ &= 1,0 \cdot (3 \cdot 24,4 + 3 \cdot 78,7 \text{ kN}) = 309,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

# 6. Bemessungsbeispiele

## Vertikale Tragfähigkeit

Abminderungsfaktoren  $\Phi_s$

$\Phi_1$  bleibt unberücksichtigt, da die Decke vollflächig aufliegt (Zwischenaufleger)

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

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{ef} = p_2 \cdot h = 0,75 \cdot 2,625 = 1,969 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{0,175}{0,175} - 0,0011 \cdot \left( \frac{1,969}{0,175} \right)^2 = \underline{0,71}$$

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

$$N_{Rd} = 0,71 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ MN/m}^2 = 2,087 \text{ MN} \geq N_{Ed,max} = 0,573 \text{ MN}$$

Auf der sicheren Seite liegend, zur Verringerung des Rechenaufwands, wird der Nachweis mit den Lasten am Wandfuß und dem ungünstigen Abminderungsfaktor für das Knicken, in Wandmitte geführt.

Nachweis erbracht

## Horizontale Tragfähigkeit

Nach DIN EN 1996-3 darf auf einen rechnerischen Nachweis der Aussteifung verzichtet werden, wenn die Geschossdecken als steife Scheiben ausgebildet sind und eine offensichtlich ausreichende Anzahl genügend langer aussteifender Scheiben vorhanden ist. Unabhängig davon, wird zur Veranschaulichung des Nachweisformats der Schubnachweis für die Wandposition 2b im EG nach DIN EN 1996-1 geführt. Die resultierende Horizontallast aus Wind wird durch eine Aussteifungsrechnung (EDV) auf die einzelnen Wandscheiben verteilt.

Für Position 2 ergibt sich ein Anteil von 5% an der Gesamtsteifigkeit aller Aussteifungsscheiben.

Somit ist

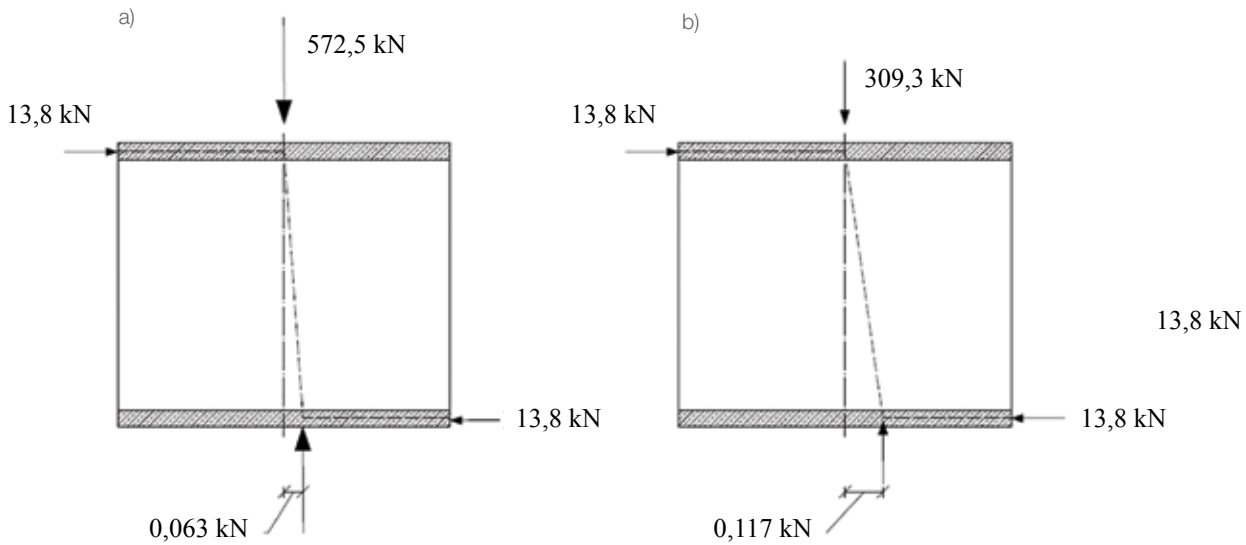
$$\begin{aligned} V_{Ed,w} &= 1,5 \cdot 0,05 \cdot 167,2 \text{ kN} \\ &= 12,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Die zusätzlich auftretende Horizontallast aus Schiefstellung wird pauschal mit 10% der Windlast abgeschätzt.

$$\begin{aligned} V_{Ed,imp} &= 1,5 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot 167,2 \text{ kN} \\ &= 1,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Ed} = 12,5 \text{ kN} + 1,3 \text{ kN} = 13,8 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = (12,5 \text{ kN} + 1,3 \text{ kN}) \cdot 2,625 \text{ m} = 36,2 \text{ kNm}$$



6.13 Horizontallast und zugehörige Ausmitte a) max  $N_{Ed}$  b) min  $N_{Ed}$

### Schubtragfähigkeit unter minimaler Auflast (min $N_{Ed}$ )

Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandlängsrichtung

$$e_w = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed,EG,u}} = \frac{36,2 \text{ kNm}}{309,3 \text{ kN}} = 0,117 \text{ m}$$

Faktor zur Berücksichtigung der Verteilung der Schubspannung

$$\frac{h}{l} = \frac{2,625 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} = 0,75 \leq 1,0$$

$$c = 1,0$$

Für die Berechnung anzusetzende überdrückte Länge der Wandscheibe

$$l_{c,lin} = \frac{3}{2} \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_w}{l} \right) \cdot l$$

$$= \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{2 \cdot 0,117 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} \right) 3,50 \text{ m} = 4,90 \text{ m}$$

$$l_{c,lin} \leq l = \underline{3,50 \text{ m}} \text{ maßgebend}$$

Rechnerische Wandlänge

$$l_{cal} = \min \{ 1,125 \cdot l ; 1,333 \cdot l_{c,lin} \}$$

$$= \min \{ 1,125 \cdot 3,50 \text{ m} ; 1,333 \cdot 3,50 \text{ m} \}$$

$$= \min \{ 3,94 \text{ m} ; 4,67 \text{ m} \} = 3,94 \text{ m}$$

# 6. Bemessungsbeispiele

Mittlere Druckspannung

$$\sigma_{Dd} = \frac{\min N_{Ed}}{t \cdot l_{c,lin}} = \frac{0,309 \text{ MN}}{3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m}} = 0,504 \text{ MN/m}^2$$

Die charakteristische Schubfestigkeit bei Scheibenbeanspruchung ist

$$f_{vk} = f_{vlt} = \min \{f_{vlt1}, f_{vlt2}\}.$$

Reibungsversagen bei unvermörtelten Stoßfugen

$$f_{vlt1} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

$$f_{vlt1} = 0,5 \cdot 0,22 + 0,4 \cdot 0,504 = 0,312 \text{ MN/m}^2$$

Steinzugversagen

$$f_{vlt2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}}$$

$$f_{vlt2} = 0,45 \cdot 0,5 \text{ MN/m}^2 \cdot \sqrt{1 + \frac{0,504 \text{ MN/m}^2}{0,5 \text{ MN/m}^2}} = 0,319 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{vlt} = \min \{f_{vlt1}, f_{vlt2}\}$$

$$= \min \{0,312 \text{ MN/m}^2 ; 0,319 \text{ MN/m}^2\}$$

$$= 0,312 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rdt} = k_{vp} \cdot l_{cal} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot \frac{t}{c}$$

$$V_{Rdt} = 1,0 \cdot 3,94 \text{ m} \cdot \frac{0,312 \text{ MN/m}^2}{1,5} \cdot \frac{0,175 \text{ m}}{1,0} = 0,143 \text{ MN} = 143 \text{ kN}$$

$$\geq V_{Ed} = 12,5 \text{ kN} + 1,3 \text{ kN} = 13,8 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

## Schubtragfähigkeit unter maximaler Auflast (max $N_{Ed}$ )

Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandlängsrichtung

$$e_w = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed,EG,u}} = \frac{36,2 \text{ kNm}}{572,5 \text{ kN}} = 0,063 \text{ m}$$

Faktor zur Berücksichtigung der Verteilung der Schubspannung

$$\frac{h}{l} = \frac{2,625 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} = 0,75 \leq 1,0$$

$$c = 1,0$$



Für die Berechnung anzusetzende überdrückte Länge der Wandscheibe

$$l_{c,lin} = \frac{3}{2} \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_w}{l} \right) \cdot l$$
$$= \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{2 \cdot 0,064 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} \right) 3,50 \text{ m} = 5,06 \text{ m}$$

$$l_{c,lin} \leq l = \underline{3,50 \text{ m}}$$

Rechnerische Wandlänge

$$l_{cal} = \min \{ 1,125 \cdot l ; 1,333 \cdot l_{c,lin} \}$$
$$= \min \{ 3,94 \text{ m} ; 4,67 \text{ m} \} = 3,94 \text{ m}$$

Mittlere Druckspannung

$$\sigma_{Dd} = \frac{\max N_{Ed}}{l_{c,lin} \cdot t} = \frac{0,573 \text{ MN}}{3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m}} = 0,936 \text{ MN/m}^2$$

Die charakteristische Schubfestigkeit bei Scheibenbeanspruchung ist

$$f_{vk} = f_{vlt} = \min \{ f_{vlt1}, f_{vlt2} \}.$$

Reibungsversagen bei unvermörtelten Stoßfugen

$$f_{vlt1} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

$$f_{vlt1} = 0,5 \cdot 0,22 + 0,4 \cdot 0,936 = 0,484 \text{ MN/m}^2$$

Steinzugversagen

$$f_{vlt2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}}$$

$$f_{vlt2} = 0,45 \cdot 0,5 \text{ MN/m}^2 \cdot \sqrt{1 + \frac{0,936 \text{ MN/m}^2}{0,5 \text{ MN/m}^2}} = 0,381 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{vlt} = \min \{ f_{vlt1}, f_{vlt2} \}$$

$$= \min \{ 0,484 \text{ MN/m}^2 ; 0,381 \text{ MN/m}^2 \}$$

$$= 0,381 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rdt} = k_{vp} \cdot l_{cal} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot \frac{t}{c}$$

$$V_{Rdt} = 1,0 \cdot 3,94 \text{ m} \cdot \frac{0,381 \text{ MN/m}^2}{1,5} \cdot \frac{0,175 \text{ m}}{1,0} = 0,175 \text{ MN} = 175 \text{ kN}$$

$$\geq V_{Ed} = 12,5 \text{ kN} + 1,3 \text{ kN} = 13,8 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

# 6. Bemessungsbeispiele

## Nachweis der Biegedrucktragfähigkeit

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

Abminderungsfaktor  $\Phi$  (um die starke Achse)

$$\Phi = 1 - \frac{2 \cdot e_w}{l}$$

## Biegedrucktragfähigkeit unter minimaler Auflast (min $N_{Ed,EG,u}$ )

$$e_w = 0,117 \text{ m}$$

$$\Phi = 1 - \frac{2 \cdot 0,117 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 0,93$$

$$N_{Rd} = 0,93 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ MN/m}^2 = 2,73 \text{ MN} \geq N_{Ed,EG,u} = 0,309 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

## Biegedrucktragfähigkeit unter maximaler Auflast (max $N_{Ed,EG,u}$ )

$$e_w = 0,063 \text{ m}$$

$$\Phi = 1 - \frac{2 \cdot 0,063 \text{ m}}{3,5 \text{ m}} = 0,96$$

$$N_{Rd} = 0,96 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ MN/m}^2 = 2,82 \text{ MN} \geq N_{Ed,EG,u} = 0,573 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

## Nachweis unter kombinierter Beanspruchung

Durch die gleichzeitige Biegung um die starke und die schwache Achse ist ein zusätzlicher Nachweis der Biegedrucktragfähigkeit in halber Wandhöhe zu führen.

$$N_{ED} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Rd} = \Phi_x \cdot \Phi_y \cdot A \cdot f_d$$

## Biegedrucktragfähigkeit unter maximaler Auflast (max $N_{Ed,EG,m}$ )

Abminderungsfaktor  $\Phi_x$  (um die schwache Achse)

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

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{ef} = p_2 \cdot h = 0,75 \cdot 2,625 = 1,969 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{0,175}{0,175} - 0,0011 \cdot \left( \frac{1,969}{0,175} \right)^2 = 0,71$$

Abminderungsfaktor  $\Phi_y$  (um die starke Achse)

$$\Phi_y = 1 - \frac{2 \cdot e_{w,m}}{l}$$

Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandhöhenmitte

$$e_{w,m} = \frac{e_w}{2} = \frac{0,063 \text{ m}}{2} = 0,032 \text{ m}$$

$$\Phi_y = 1 - \frac{2 \cdot 0,032 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} = 0,98$$

$$N_{Rd} = 0,71 \cdot 0,98 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ MN/m}^2 = 2,046 \text{ MN} \geq N_{Ed,EG,m} = 0,554 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

### Biegedrucktragfähigkeit unter minimaler Auflast (min $N_{Ed,EG,m}$ )

Abminderungsfaktor  $\Phi_x$  (um die schwache Achse)

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

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{ef} = p_2 \cdot h = 0,75 \cdot 2,625 = 1,969 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{0,175}{0,175} - 0,0011 \cdot \left( \frac{1,969}{0,175} \right)^2 = 0,71$$

Abminderungsfaktor  $\Phi_y$  (um die starke Achse)

$$\Phi_y = 1 - \frac{2 \cdot e_{w,m}}{l}$$

Exzentrizität der einwirkenden Normalkraft in Wandhöhenmitte

$$e_{w,m} = \frac{e_w}{2} = \frac{0,117 \text{ m}}{2} = 0,059 \text{ m}$$

$$\Phi_y = 1 - \frac{2 \cdot 0,059 \text{ m}}{3,50 \text{ m}} = 0,97$$

$$N_{Rd} = \Phi_x \cdot \Phi_y \cdot A \cdot f_d$$

$$N_{Rd} = 0,71 \cdot 0,97 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ MN/m}^2 = 2,025 \text{ MN} \geq N_{Ed,EG,m} = 0,297 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

# 6. Bemessungsbeispiele

## Randdehnung

$$\epsilon_R = \frac{\sigma_D}{E} \left( \frac{l}{l_{c,lin}} - 1 \right) \leq 10^{-4}$$

$$\sigma_D = \frac{2 \cdot N_k}{t \cdot l_{c,lin}}$$

Da der Rechenwert der Haftscherfestigkeit bei der Ermittlung der Schubfestigkeit in Ansatz gebracht wurde, ist bei Windscheiben mit klaffender Fuge unter charakteristischen Lasten zusätzlich die rechnerische Randdehnung nachzuweisen.

$$V_{k,w} = 1,0 \cdot 0,05 \cdot (167,2 \text{ kN}) = 8,4 \text{ kN}$$

$$V_{k,imp} = 1,0 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot 167,2 \text{ kN} = 0,8 \text{ kN}$$

$$V_k = 8,4 \text{ kN} + 0,8 \text{ kN} = 9,2 \text{ kN}$$

$$M_{k,w} = 9,2 \text{ kN} \cdot 2,625 \text{ m} = 24,2 \text{ kNm}$$

$$e_{w,k} = \frac{M_{k,w}}{\min N_k} = \frac{24,2 \text{ kNm}}{309,0 \text{ kN}} = 0,078 \text{ m}$$

$$e_{w,k} \leq \frac{l}{6}$$

$$0,078 \text{ m} \leq \frac{3,50 \text{ m}}{6} = 0,58 \text{ m}$$

Somit tritt rechnerisch keine klaffende Fuge auf.

Nachweis erbracht

## Position 2b: Innenwand im KG

Wanddicke  $t = 17,5 \text{ cm}$

lichte Wandhöhe  $h = 2,50 \text{ m}$

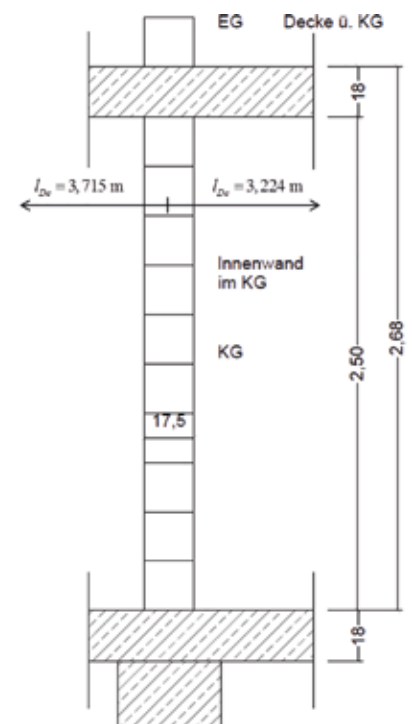
Wandlänge  $l = 3,50 \text{ m}$

Deckendicke  $d = 20 \text{ cm}$

Deckenstützweite  $l_{De,li} = 3,715 \text{ m}$   
 $l_{De,re} = 3,224 \text{ m}$

Auflagertiefe  $a = 17,5 \text{ m}$

Statisches System:  
 zweiseitig gehaltene, tragende Innenwand



6.14 Position 2b

### Schnittgrößen

Maximale Normalkraft am Wandfuß des KG

$$\begin{aligned}\max N_{\text{Ed,KG,u}} &= 1,35 \cdot N_{\text{Gk}} + 1,5 \cdot N_{\text{Qk}} \\ &= 1,35 \cdot (3 \cdot 24,4 \text{ kN} + 23,3 \text{ kN} + 4 \cdot 78,7 \text{ kN}) + 1,5 \cdot 4 \cdot 33,2 \text{ kN} = 754,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned}\max N_{\text{Ed,KG,u}} &= 1,4 \cdot (N_{\text{Gk}} + N_{\text{Qk}}) \\ &= 1,4 \cdot (3 \cdot 24,4 \text{ kN} + 23,3 \text{ kN} + 4 \cdot 78,7 \text{ kN} + 4 \cdot 33,2 \text{ kN}) = 761,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

### Vertikale Tragfähigkeit

Abminderungsfaktoren  $\Phi_s$

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

Abminderung der Knicklänge bei flächig aufgelagerten massiven Plattendecken

$$h_{\text{ef}} = p_2 \cdot h = 0,75 \cdot 2,50 = 1,875 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{0,175}{0,175} - 0,0011 \cdot \left(\frac{1,875}{0,175}\right)^2 = \underline{0,72}$$

$$N_{\text{Rd}} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d$$

$$N_{\text{Rd}} = 0,72 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 4,8 \text{ MN/m}^2 = 2,117 \text{ MN} \geq \max N_{\text{Ed,KG,u}} = 0,762 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

## 6.2.6 Position 3: Kelleraußenwand

POROTON S10-36,5-MW nach Zulassung Z-17.1-1101  
Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

$$f_k = 5,2 \text{ MN/m}^2$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks unter Dauerlast

$$f_d = \frac{0,85 \cdot 5,2}{1,5} = 2,95 \text{ MN/m}^2$$

### Lasten

Aus dem Dach (inkl. Attika)

$$N_{\text{Gk, Da}} = 59,9 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Qk, Da}} = 7,7 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ kN/m}^2 = 11,6 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Qk, Da}} = 7,7 \text{ m}^2 \cdot 0,68 \text{ kN/m}^2 = 5,2 \text{ kN (Schnee)}$$

# 6. Bemessungsbeispiele

Aus den Decken je Geschoss

$$N_{Gk,De} = \tilde{A} \cdot g_k$$

$$N_{Qk,De} = \tilde{A} \cdot q_k$$

$$N_{Gk,De} = 7,7 \text{ m}^2 \cdot 6,4 \text{ kN/m}^2 = 49,3 \text{ kN}$$

$$N_{Qk,De} = 7,7 \text{ m}^2 \cdot 2,7 \text{ kN/m}^2 = 20,8 \text{ kN}$$

Aus dem Eigengewicht der Wand je Regelgeschoss

$$N_{Gk,Wa} = 3,72 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,625 \text{ m} \cdot 5,74 \text{ m} = 56,1 \text{ kN}$$

Aus dem Eigengewicht der Wand im Kellergeschoss

$$N_{Gk,Wa} = 3,72 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,50 \text{ m} \cdot 5,74 \text{ m} = 53,4 \text{ kN}$$

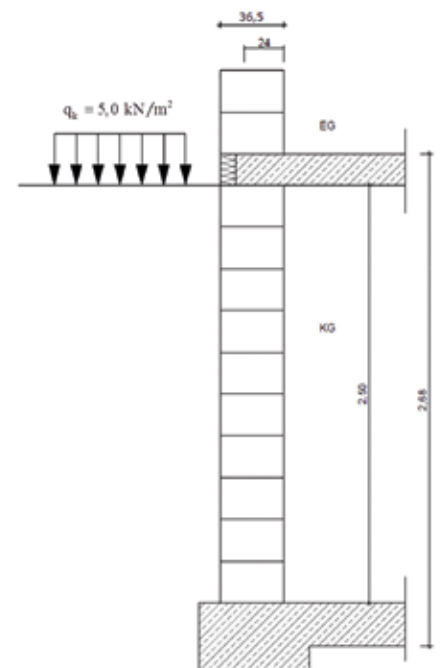
Tabelle 6.11: Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens

Kriterium	Anforderung	vorhanden	Bemerkung
Mindestwanddicke	$t \geq 240 \text{ mm}$	365 mm	OK
lichte Geschosshöhe	$h \leq 2,60 \text{ m}$	2,50 m	OK
zulässige Anschütthöhe	$h_e \leq 1,15 \cdot h = 2,65 \text{ m}$	2,50 m	OK
maximale Verkehrslast auf Gelände	$q_k \leq 5 \text{ kN/m}^2$	5 kN/m <sup>2</sup>	OK

## Position 3:

Wanddicke	$t = 36,5 \text{ cm}$
lichte Wandhöhe Regelgeschoss	$h = 2,625 \text{ m}$
lichte Wandhöhe im KG	$h = 2,50 \text{ m}$
Wandlänge	$l = 5,74 \text{ m}$
Deckendicke	$d = 20 \text{ cm}$
Deckenstützweite	$l_{be} = 3,224 \text{ m}$
Auflagertiefe	$a = 0,24 \text{ m}$
Anschütthöhe	$h_e = 2,50 \text{ m}$
Abstand aussteifender Querwände	$b_c = 5,74 \text{ m}$
Wichte der Anschüttung	$p_e = 19,0 \text{ kN/m}^3$

Statisches System:  
zweiseitig gehaltene, einschalige Kelleraußenwand



6.15 Position 3

## Schnittgrößen

Maximale Normalkraft in Wandmitte des KG

$$\begin{aligned}\max N_{\text{Ed,KG,m}} &= 1,35 \cdot N_{\text{Gk}} + 1,5 \cdot N_{\text{Qk}} \\ &= 1,35 \cdot (59,9 \text{ kN} + 3 \cdot 56,1 \text{ kN} + 0,5 \cdot 53,4 \text{ kN} + 3 \cdot 49,3 \text{ kN}) \\ &\quad + 1,5 \cdot (11,6 \text{ kN} + 5,2 \text{ kN} + 3 \cdot 20,8 \text{ kN}) \\ &= 662,6 \text{ kN}\end{aligned}$$

oder nach dem vereinfachten Ansatz

$$\begin{aligned}\max N_{\text{Ed,KG,m}} &= 1,4 \cdot (N_{\text{Gk}} + N_{\text{Qk}}) \\ &= 1,4 \cdot (59,9 \text{ kN} + 3 \cdot 56,1 \text{ kN} + 0,5 \cdot 53,4 \text{ kN} + 3 \cdot 49,3 \text{ kN} \\ &\quad + 11,6 \text{ kN} + 5,2 \text{ kN} + 3 \cdot 20,8 \text{ kN}) \\ &= 674,8 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\min N_{\text{Ed,KG,m}} &= 1,0 \cdot N_{\text{Gk}} \\ &= 1,0 \cdot (59,9 \text{ kN} + 3,0 \cdot 56,1 \text{ kN} + 0,5 \cdot 53,4 \text{ kN} + 3 \cdot 49,3 \text{ kN}) = 402,8 \text{ kN}\end{aligned}$$

Bauzustand: Zeitpunkt der Fertigstellung der Rohdecke über dem 1. OG

$$\min N_{\text{Ed,Bau,m}} = 1,0 \cdot (2 \cdot 56,1 \text{ kN} + 0,5 \cdot 53,4 \text{ kN} + 2 \cdot 49,3 \text{ kN}) = 237,5 \text{ kN}$$



# 6. Bemessungsbeispiele

## Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Die Wand wird über die gesamte Länge als zweiseitig gehalten angenommen (keine aussteifenden Querwände)

$$b_c = b = 5,74 \text{ m}$$

$$\beta = \begin{cases} 20 & \text{für } b_c \geq 2 h \\ 60 - 20 \cdot b_c / h & \text{für } h < b_c < 2 h \\ 40 & \text{für } b_c \leq 2 h \end{cases}$$

$$b_c = 5,74 \text{ m} \geq 2 \cdot 2,50 \text{ m} = 5,0 \text{ m}$$

$$\beta = 20$$

Bemessungswert der größten vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Anschüttung

$$N_{\text{Ed,max}} \leq \frac{t \cdot b \cdot f_d}{3}$$
$$N_{\text{Ed,max}} \leq \frac{0,365 \text{ m} \cdot 5,74 \text{ m} \cdot 2,95 \text{ MN/m}^2}{3} = 2,060 \text{ MN}$$

$$0,675 \text{ MN} \leq 2,060 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

Bemessungswert der kleinsten vertikalen Belastung der Wand in halber Höhe der Anschüttung

$$N_{\text{Ed,min}} \geq \frac{p_e \cdot b \cdot h \cdot h_e^2}{\beta \cdot t}$$
$$N_{\text{Ed,min}} \geq \frac{0,019 \text{ MN/m}^3 \cdot 5,74 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot (2,5 \text{ m})^2}{20 \cdot 0,365 \text{ m}} = 0,233 \text{ MN}$$

$$0,403 \text{ MN} \geq 0,233 \text{ MN}$$

Nachweis erbracht

## Nachweis im Bauzustand

$$\min N_{\text{ED,Bau,m}} = 264,2 \text{ kN} \geq 233 \text{ kN}$$

Nachweis erbracht

Somit ist nach Fertigstellung der Decke über dem 1.OG genügend Auflast vorhanden und die Baugrube kann verfüllt werden.



# Software

## CAD-Planung schneller und bequemer – mit den POROTON-Assistenten

Für die CAD-Planung steht jetzt eine neue Lösung zur Verfügung.

Diese unterstützt Architekten und Planer bei der integrierten Planung: von der ersten Entwurfsidee über die Werk-, Detail- und Baukostenplanung bis hin zu bauphysikalischen Berechnungen.

### Mehr Zeit für die Planung, weniger Aufwand für die Berechnung

In enger Zusammenarbeit mit den Softwarehäusern Nemetschek und ESS wurden POROTON-Assistenten für die wichtigsten bauphysikalischen Berechnungen entwickelt:

- Wärme/Energie
- Schall
- Statik

Mit den POROTON-Assistenten sind alle Maße, die statischen und die bauphysikalischen Werte der POROTON-Produkte bereits hinterlegt. Die Kombination der Programme ermöglicht den Austausch von Geometrie, Mengen, Kosten und energetischen Informationen in einem System. So lassen sich Planungsänderungen (z. B. des Wandbaustoffs) auf das Gebäude als Gesamtsystem berechnen und visualisieren.

Wird ein Parameter geändert, wird alles automatisch neu berechnet. Das macht alle Berechnungen einfach, sicher und zugleich effektiv. Die Vorteile auf einen Blick:

- Einfache Bedienung durch Assistenten
- Minimaler Eingabeaufwand
- Vielfache Ergebnisauswertung bei Eingabe eines Bauteils
- Durchgängige Projektstrukturen
- Mengen- und Kostenermittlung
- Variantenberechnungen in wenigen Sekunden
- Transparenz während des Planungsprozesses
- Konsistentes Datenmodell
- Bauphysik-Assistenten sind einzeln und mit anderen CAD-Programmen verwendbar

## Empfohlene Software-Module

### POROTON Edition Wohngebäude EnEV 2014

Das Softwaremodul ist generell mit den POROTON-Produkten hinterlegt. Es läuft sowohl innerhalb Nemetschek Allplan als auch stand-alone und ist zudem mit anderen CAD-Programmen **kompatibel: AutoCad, BricsCAD und Revit.**

### POROTON Schallmodul

Das Modul ist mit den POROTON-Produkten hinterlegt. Es kann, wie alle Schallberechnungsprogramme, ausschließlich stand-alone genutzt werden. Die Datenübergabe ist einfach, die Benutzeroberfläche dem Modul EnEV sehr ähnlich.

### Frilo (Friedrich und Locher) Statik

Ebenfalls aus dem Hause Nemetschek und mit den Poroton-Produkten hinterlegt. Es kann ausschließlich stand-alone genutzt werden. Die Datenübergabe ist einfach, die Benutzeroberfläche ähnlich.

### VCmaster Veit Christoph Statik

Die Poroton-Produkte sind für die Berechnungen bereits hinterlegt. Das Programm kann ausschließlich stand-alone genutzt werden.

# CAD + BAUPHYSIK-TOOLS + POROTON-ASSISTENT

## PLANER ARCHITEKT



### Nemetschek Allplan

Die CAD-Planungssoftware für alle Planungsarten

+

### Nemetschek Design to Cost

Die Verbindung von Kosten und Gebäudemodell

## TRAGWERKSPLANER ARCHITEKT



### Modul Energie 20.20

Das Tool für bauphysikalische Berechnungen

#### EnEV-Nachweis

\*außerdem kompatibel mit AutoCad, BricsCAD und Revit

### Modul Schall 4.0

Das Tool für bauphysikalische Berechnungen

#### Schallschutz-Nachweis

### FRILO Software

Statiksoftware

#### Statik-Nachweis

### VCmaster

Statiksoftware

#### Alternatives Statik-Modul

Inklusive

## POROTON-Assistent

Datenbank mit hinterlegten POROTON-Produkten

### Vorteile durch POROTON-Assistent

- Einfache Bedienung durch Assistenten
- Minimaler Eingabeaufwand
- Vielfache Ergebnisauswertung bei Eingabe eines Bauteils
- Durchgängige Projektstrukturen
- Mengen- und Kostenermittlung
- Variantenberechnungen in wenigen Sekunden
- Transparenz während des Planungsprozesses
- Konsistentes Datenmodell
- Einzeln und auch mit anderen CAD-Programmen verwendbar

Hier erfahren Sie mehr:



[www.poroton.de](http://www.poroton.de)

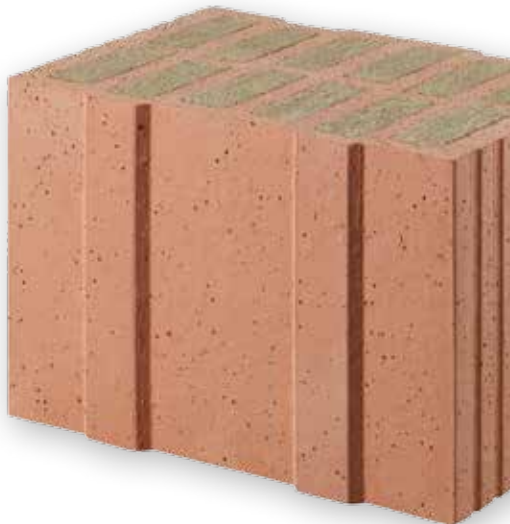


# PRODUKTEMPFEHLUNGEN

Wienerberger

## Poroton-S10-MW

Der Poroton-S10-MW überschreitet Grenzen: Dieser Planziegel ermöglicht den Bau von bis zu 9 Stockwerken und erfüllt dabei höchste Ansprüche an Brand- und Schallschutz, Statik und Energieeffizienz.



Poroton-S10-MW				
<b>Einsatzbereich</b>	optimal für den Objektbau und Geschosswohnungsbau			
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	W/(mK)	$\lambda_R = 0,10$		
<b>Wanddicke</b>	cm	42,5	36,5	30,0
<b>U-Wert (mit Leichtputz)</b>	W/(m <sup>2</sup> K)	0,22	0,26	0,31
<b>Schallschutz <math>R_{w, Bau, ref.}</math></b>	dB	49,3	51,1	$\geq 48^*$
<b>Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit <math>f_k</math></b>	MN/m <sup>2</sup>	5,2		
<b>Brandschutz</b>	Brandwand F90-A (Ausnutzungsfaktor $\alpha = 0,83$ )			

\* Prüfbericht beantragt, Werte können auf der sicheren Seite liegend angenommen werden



## Poroton-T7-P

Wienerberger hat den T7 Großkammerziegel zu einem gefüllten Hochlochziegel mit kleineren Lochungen weiterentwickelt. Mit höherer Tragfähigkeit und Verbesserungen bei der Verarbeitung ist der neue T7 Ausgangspunkt für weitere Optimierungen im Bereich Wärmeleitfähigkeit  $< 0,07$  W/mK. Die neuen T7-P werden in den Wanddicken 36,5 cm, 42,5 cm und 49,0 cm angeboten.



Poroton-T7-P				
<b>Einsatzbereich</b>	ideal für den Einfamilien-, Reihen- und Doppelhausbau, KfW-Effizienzhäuser und Passivhaus-Niveau			
<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	W/(mK)	$\lambda_R = 0,07$		
<b>Wanddicke</b>	cm	49,0	42,5	36,5
<b>U-Wert</b>	W/(m <sup>2</sup> K)	0,13	0,15	0,17
<b>Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit <math>f_k</math></b>	MN/m <sup>2</sup>	1,4	1,9	1,9



# PRODUKTEMPFEHLUNGEN

## Schlagmann POROTON

### POROTON®-S8®

Der jüngste Spross in der Familie der perlitgefüllten Ziegel von Schlagmann. Die optimierte Lochgeometrie sorgt für hervorragenden Schall- und Wärmeschutz in Kombination. Die neue, innovative Mikroverzahnung mit vielen kleinen Luftkammern vermindert den Wärmeverlust über die Stoßfuge.



POROTON®-S8®				
<b>Einsatzbereich</b>	optimal für den Objektbau			
<b>Wärmeleitzahl</b>	W/(mK)	$\lambda_r = 0,08$		
<b>Wanddicke</b>	cm	49,0	42,5	36,5
<b>U-Wert (mit Leichtputz)</b>	W/(m²K)	0,16	0,18	0,20 <sup>1)</sup>
<b>Schallschutz R<sub>w, Bau, ref.</sub></b>	dB	48,7	48,7	48,2
<b>Außenstegdicke</b>	mm	≥ 17 mm		

<sup>1)</sup> mit 2,5 cm Leichtputz  $\lambda \leq 0,18$  W/mK



➔ Ebenfalls optimal geeignet für den Objektbau:



POROTON®-S9®

POROTON®-S10®

### POROTON®-T7®

Beste Werte für jede Anforderung: Die U-Werte reichen von beachtlichen 0,14 W/(m²K) bei einer Wandstärke von 49,0 cm bis hin zu 0,18 bei einer 36,5 cm dicken Wand! Mit der beeindruckenden Wärmeleitzahl von 0,070 W/(mK) erfüllt der neue POROTON®-T7® die strengen Anforderungen an KfW-Effizienzhäuser mit Leichtigkeit!



POROTON®-T7®				
<b>Einsatzbereich</b>	ideal für den Einfamilien-, Reihen- und Doppelhausbau, für Sonnenhaus, Passivhaus KfW EH 55 und 40			
<b>Wärmeleitzahl</b>	W/(mK)	$\lambda_r = 0,070$		
<b>Wanddicke</b>	cm	49,0	42,5	36,5
<b>U-Wert (mit Leichtputz)</b>	W/(m²K)	0,14	0,16	0,18
<b>Außenstegdicke</b>	cm	≥ 15 mm		

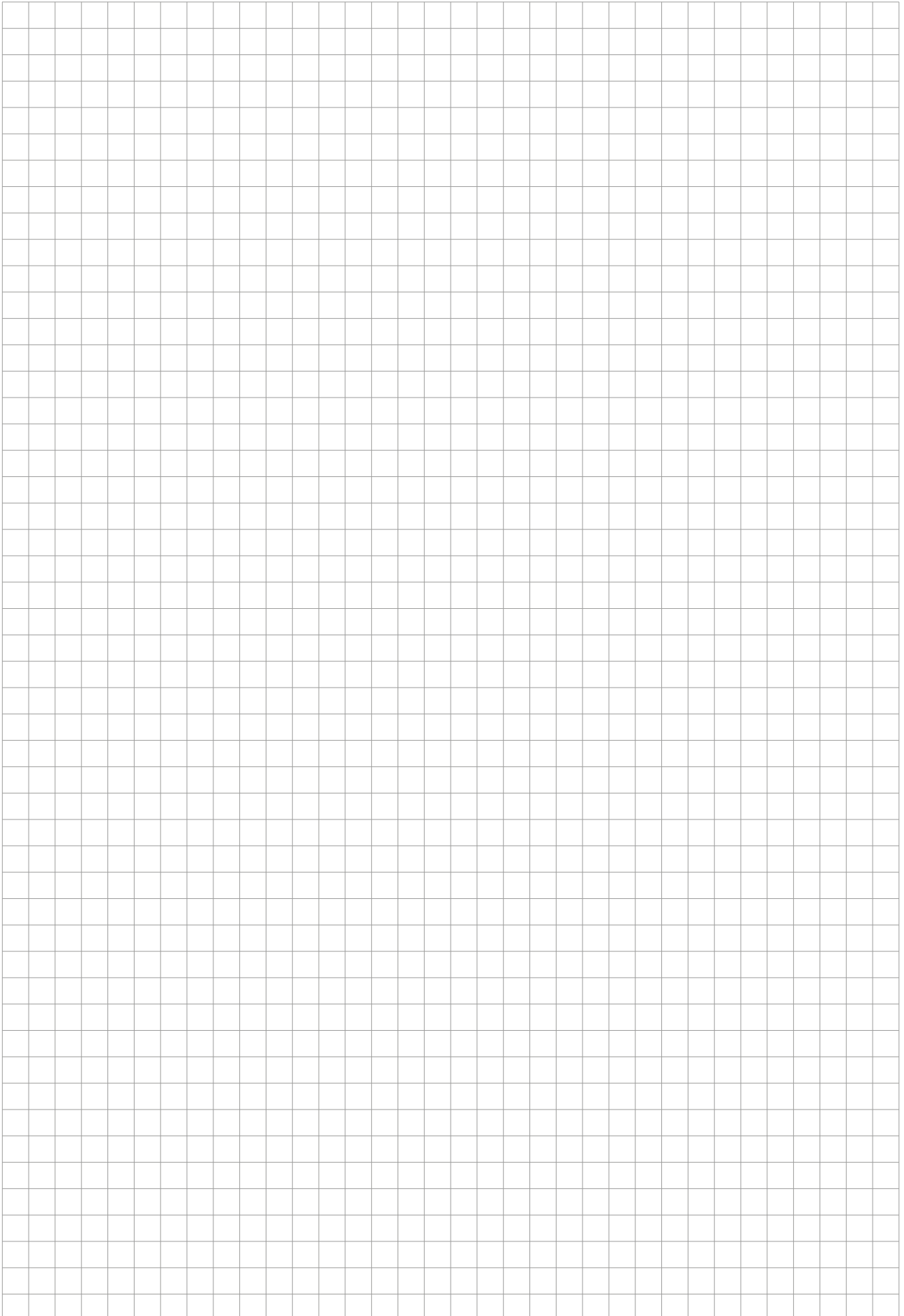


➔ Auch ideal für den Einfamilienhausbau:



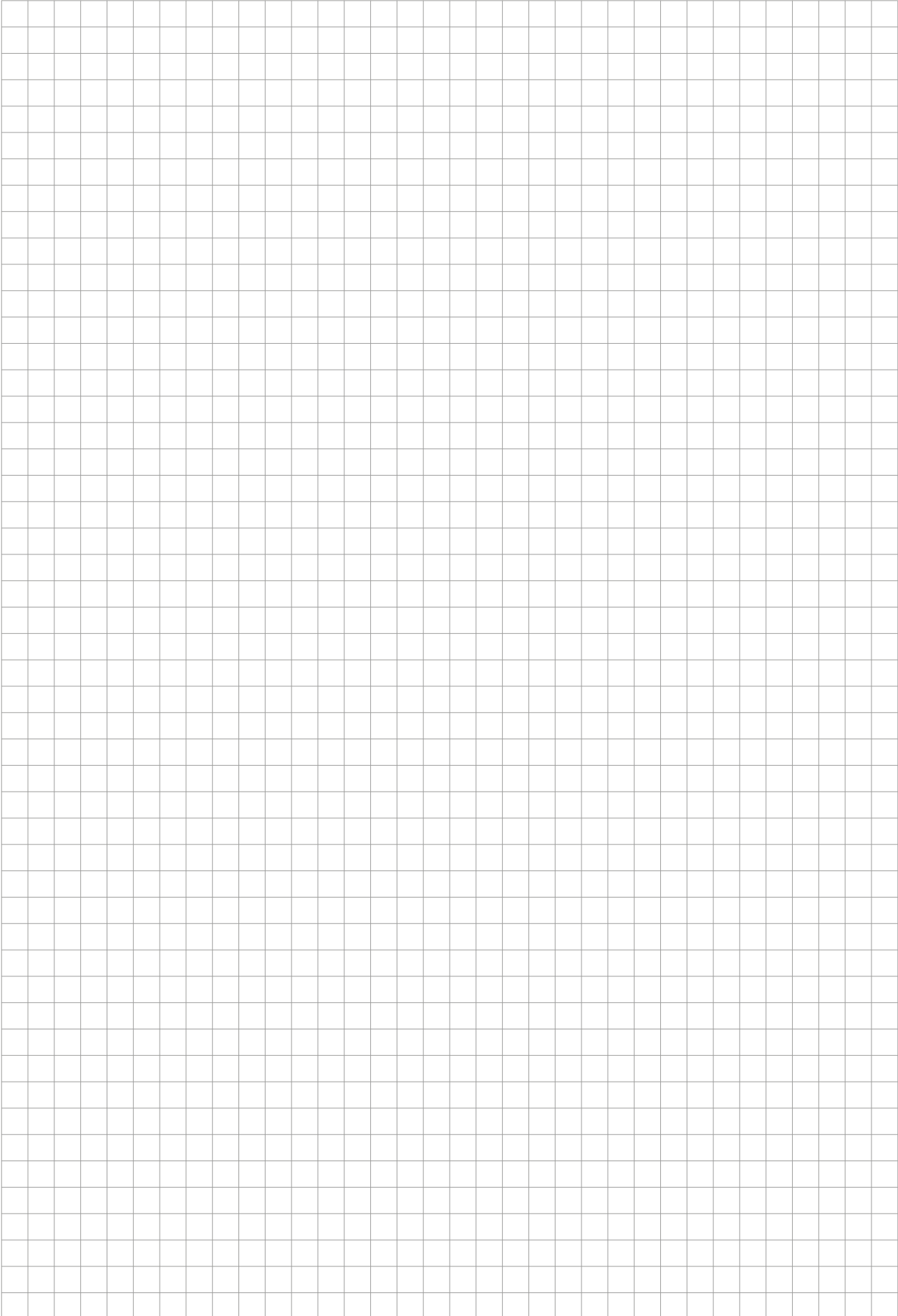
POROTON®-T8®

# NOTIZEN





# NOTIZEN



# POROTON. EIN STARKER VERBAND.



## Deutsche POROTON GmbH

### **Verbandssitz**

Kochstraße 6-7  
10969 Berlin  
Telefon: 030 25294499  
Telefax: 030 25294501  
mail@poroton.de  
www.poroton.de

### **Postanschrift**

Leibnizstraße 12  
31134 Hildesheim  
Telefon: 05121 2863531  
Telefax: 05121 2863542

Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten

## Mitglieder im Verband

### **Wienerberger GmbH**

Oldenburger Allee 26  
30659 Hannover  
Telefon: 0511 61070-0  
www.wienerberger.de

### **Schlagmann Poroton GmbH & Co. KG**

Ziegeleistraße 1  
84367 Zeilarn  
Telefon: 08572 17-0  
www.schlagmann.de

**POROTON**<sup>®</sup>