

bauplaner

Poroton-Ziegel – robustes Bauen





Foto: Deutsche Poroton / Claudius Pflug
Objekt: Living Wall, Berlin-Kreuzberg

bauplaner

Poroton-Ziegel – robustes Bauen

bauplaner ist ein Supplement im
Deutschen Ingenieurblatt

Herausgeber und Verlag:

Schiele & Schön GmbH, Schlangenbader Straße 13,
14197 Berlin, Telefon: (030) 25 37 52-10,
www.schiele-schoen.de

Geschäftsführer:

Harald Rauh-Fuchs
Dr. Hans-Gerd Conrad

Redaktion dieses Specials (v.i.S.d.P.):

Dipl.-Ing. Alexandra Busch, Magdalenenstraße 3,
64289 Darmstadt, Telefon: (06151) 3652074,
alexandra.busch@schiele-schoen.de

PR-Agentur Große GmbH, www.pr-grosse.de.

Objektleiterin und verantwortlich für Anzeigen:

Helena Haypeter, Telefon: (030) 25 37 52-29,
haypeter@schiele-schoen.de

Gültige Anzeigenpreisliste Nr. 27. vom 01.01.2020

Anzeigenleiterin:

Gabriele Strauchmann, Telefon: (030) 25 37 52-43,
strauchmann@schiele-schoen.de

Tatsächliche verbreitete Auflage:

47.748 Exemplare, IVW 2/2020.



Bezugspreis:

Der Bezugspreis für das Special ist in den Abonne-
mentgebühren des „Deutschen Ingenieurblatts“
enthalten.

DTP-Layout und Produktion:

Karen Weirich, Telefon: (030) 25 37 52-38,
weirich@schiele-schoen.de

Druck:

Möller Druck und Verlag GmbH,
Zeppelinstraße 6,
16356 Ahrensfelde OT Blumberg



Reproduktion:

Die im „bauplaner“ veröffentlichten Beiträge und
Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede
Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Ur-
heberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Ver-
lages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikrover-
filmung und die Einspeicherung und Bearbeitung
in elektronischen Systemen. Die redaktionellen
Inhalte des „bauplaner“ werden im Internet veröf-
fentlicht und bei Bedarf vom Verlag weiterverwer-
tet. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird
keine Haftung übernommen. Bei Annahme gelten
die Honorarsätze der Redaktion für Bild und Text.
Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kür-
zen. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben die
Meinung des jeweiligen Autors bzw. Autorin wieder
und müssen nicht unbedingt mit der der Redaktion
übereinstimmen. Mitteilungen von Firmen und Or-
ganisationen erscheinen außerhalb der Verantwor-
tung der Redaktion. Alle verwendeten Namen und
Bezeichnungen können Marken oder eingetragene
Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein, auch
wenn diese nicht gesondert gekennzeichnet sind.
Das Fehlen der entsprechenden Kennzeichnung
lässt nicht automatisch den Rückschluss zu, dass
kein Markenschutz besteht und der Name oder die
Bezeichnung von jedermann frei verwendbar wäre.

Impressum „Deutsches Ingenieurblatt“

9-2020 siehe Seite 66

Wir danken für die zusätzliche fachliche Unterstüt-
zung: Firma Wienerberger und dem Bauberatungs-
und Projektmanagement-Team, Firma Schlagmann
und dem Team der Bauberatung, dem Poroton-Team
sowie allen anderen, die an dieser Ausgabe mitge-
wirkt haben.

INHALT

EDITORIAL

3 Robuste Architektur

| Clemens Kuhlemann

PLANUNG & ANWENDUNG

4 Lebenswerte Räume gestalten

| Liebighöfe Aschaffenburg

6 Extrem beansprucht – der Sockelbereich monolithischer Wandkonstruktionen

| Prof. Dr.-Ing. Dettlef Schermer

8 Energieeffizienz mit robuster Architektur

| Prof. Dipl.-Ing. Thomas Auer und Laura Franke

10 Ziegel – robuste Architektur im Geschossbau

| Prof. Gerd Jäger

12 Bemessung von Fensterbrüstungen aus Mauerwerk bei teilaufliegender Decke

| Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Maximilian Brinkmann
und Benjamin Purkert

14 Porotonziegel für den Geschosswohnungsbau

Titelbild: Poroton Kampagnenfoto Wienerberger

© Foto: Wienerberger GmbH

Editorial

Robuste Architektur

 Liebe Leserinnen und Leser,

„robuste Architektur“ ist zum geflügelten Wort in der Baubranche geworden. Doch was verbirgt sich eigentlich dahinter? Laut Definition beschreibt Robustheit die Fähigkeit, Veränderungen aufgrund einer stabilen Struktur standzuhalten. Für mich ist Architektur dann besonders robust, wenn sie mit tragfähigen, strapazierfähigen und langlebigen Baustoffen errichtet wurde.

Gerade unsere Poroton Ziegel haben sich in den letzten Jahrzehnten zu robusten und vielfältigen Hightech-Produkten weiterentwickelt. Als neueste Entwicklung brachten die Poroton Mitgliedsfirmen die ersten klimaneutralen Ziegel auf den Markt. Alle Ziegel erfüllen höchste Anforderungen an Statik, Brand-, Schall- und Wärmeschutz und sind damit optimal geeignet für die komplexen Herausforderungen im mehrgeschossigen Wohnungsbau – bei Innenwänden ebenso wie bei monolithischen Außenwänden. Bis zu neun Geschosse wurden monolithisch mit Poroton Ziegelmauerwerk bereits problemlos realisiert. Die charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k von 5,2 MN/m² sowie eine massive Steggeometrie bieten dazu die nötige statische Sicherheit. Mit der Auswahl des passenden Ziegels lassen sich Wandstärke, Wärmedurchlass und Tragfähigkeit unter Berücksichtigung der vorgesehenen Geschosshöhen bedarfsgenau für das jeweilige Bauvorhaben optimieren. In den meisten Planungstools sind die statischen und die bauphysikalischen Werte von Poroton Ziegeln bereits hinterlegt, was die Berechnung schneller und einfacher macht. Planer erhalten darüber hinaus Unterstützung bei Detailfragen durch die Projektentwicklungsteams der Poroton Mitgliedsunternehmen Wienerberger und Schlagmann Poroton. Mit einem U-Wert von bis zu 0,16 W/m²K werden Poroton Ziegel mit integrierter Wärmedämmung, meist Perlit, höchsten Anforderungen an die Energieeffizienz bis hin zum KfW-Effizienzhaus-40-Standard gerecht. Ergänzendes Systemzubehör optimiert etwaige Wärmebrücken, sodass vom Sockel bis zur Attika eine homogene Gebäudehülle entsteht. Beachten Sie bitte auch dazu die Abbildung

des Poroton Produktportfolios am Ende dieser Unterlage. Unser Wärmebrückenkatalog, der als PDF und Online-Tool zur Verfügung steht, vereinfacht die Planung konstruktiver Details für den rechnerischen Nachweis von Wärmebrücken. Während der Gebäudenutzungsphase wirken monolithische Ziegelwände wie eine natürliche Klimaanlage, die Temperaturspitzen ohne eine technische Hilfe ausgleicht. Der Grund dafür ist ihre thermische Speichermasse, die Hitze im Sommer abpuffert und Wärme im Winter länger im Gebäude hält.

Die Qualitäts- und Komfortanforderungen – gerade im Bereich des Schallschutzes im mehrgeschossigen Wohnungsbau – haben sich erhöht. Die von der Deutschen Poroton erfundene und seit Jahrzehnten bewährte Produktgattung der verfüllten Perlit-Ziegel ermöglicht dabei die planerisch sichere Einhaltung beispielsweise des erhöhten Schallschutzes – und dies nachweislich! Unsere Bauphysiksoftware „Modul Schall 4.0“, die wir allen Planern kostenfrei zur Verfügung stellen, erleichtert die Berechnung nach der neuen DIN 4109 und prognostiziert die Schalldämmung von Ziegelgebäuden mit hoher Zuverlässigkeit. Neben Berechnungen zum Außenlärm und zum Trittschall können mit dem Modul auch die Nachweise für die Luftschalldämmung zwischen den Räumen, von Wohnungs- und Flurtrennwänden, zweischaligen Haustrennwänden und von Geschossdecken geführt werden.

Ich denke, wir von der Deutschen Poroton geben Ihnen mit dieser Ausgabe des „bauplaners“ hilfreiche und robuste Tipps, die Ihnen die sichere Planung, statische Berechnung und fachgerechte Ausführung erleichtern. Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre und freuen uns auf die nächsten Projektumsetzungen mit Ihnen.

Ihr



Clemens Kuhle
Geschäftsführer Deutsche Poroton



Deutsche Poroton / Christoph Große



QR Code –
Poroton Software

Liebighöfe Aschaffenburg

Lebenswerte Räume gestalten

Familien- und demografiegerecht sowie architektonisch herausragend: Das Wohnquartier Liebighöfe in Aschaffenburg soll eine Vorbildfunktion für den geförderten Wohnraum in Bayern haben. Die beiden Gebäuderiegel sind monolithisch mit dämmstoffverfüllten Poroton Ziegeln errichtet.



Abb. 1: Die Liebighöfe in Aschaffenburg sollen eine Vorbildfunktion für den geförderten Wohnraum in Bayern haben. Der Mix verschiedener Wohnungstypen innerhalb der Kubatur sorgt für eine soziale Durchmischung im Quartier.

»„Lebenswert, erschwinglich, barrierefrei, energieeffizient“, umreißt Manuela Rösel-Keim, technische Leiterin bei der Aschaffener Stadtbau GmbH, die Planungseckpunkte für die Siedlung. „Mit den Liebighöfen möchten wir zeigen, dass der geförderte Wohnraum und eine qualitativ hochwertige Bauweise zwei Seiten derselben Medaille sind“, so Rösel-Keim. Die Oberste Baubehörde im Bayerischen Innenministerium unterstützt das Projekt, Mittel aus dem Bayerischen Wohnungsbauprogramm kommen den Mietern direkt zugute. Im Dezember 2014 begannen die Bauarbeiten mit dem Rückbau der nicht mehr zeitgemäßen Bestandsgebäude. Richtfest für den ersten Bauabschnitt des Neubaus war im März 2016, ab März 2017 bezogen die Bewohner ihr neues Zuhause.

Qualität in der Planung sichergestellt

Im offenen Wettbewerb setzte sich das Berliner Architekturbüro Bruno Fioretti Marquez mit sei-

nem Entwurf durch. Die Architekten verfügen über große Erfahrung bei der Planung von bezahlbarem Wohnraum mit architektonischem Anspruch. „Uns überzeugte die überdurchschnittliche Qualität des Entwurfs auf Basis einer monolithischen Ziegelbauweise“, erläutert Manuela Rösel-Keim. Die Baukörper mit jeweils drei Häusern greifen die ortstypische Zeilenbauweise mit Ost-West-Ausrichtung auf. Um unterscheidbare öffentliche und private Räume zu schaffen, knickten die Planer die beiden Baukörper jeweils und stellten sie wie eine Klammer zueinander. „Durch diese Gebäudegeometrie entsteht im Inneren ein geschützter Außenraum für das soziale Miteinander der Bewohner“, erklärt Piero Bruno von Bruno Fioretti Marquez. Die öffentlichen Erschließungswege sind den Außenkanten der Riegel zugeordnet.

Bei der Planung der Grundrisse musste sich das Architektenteam an den Förderbedingungen orientieren, denn die einkommensorientierte Förderung in Bayern legt für die einzel-

nen Wohnungstypen Flächenobergrenzen fest. So darf beispielsweise eine Zweizimmerwohnung maximal 55 Quadratmeter groß sein, eine Vierzimmerwohnung maximal 90 Quadratmeter. Um die Wohnflächen nahe an diese geförderten Maximalflächen zu bringen, sind die Geschossebenen ab dem ersten Obergeschoss für jedes Haus als Fünfspänner mit Aufzug für einen barrierefreien Zugang zu allen Ebenen konzipiert. Der Großteil der Drei- bis Fünfstückwohnungen ist durchgängig vom Hof zur Straße hin konzipiert, die meisten Zweizimmerwohnungen sind zum ruhigen Innenhof ausgerichtet. Alle Wohneinheiten sind mit Loggien ausgestattet. Die Wohnungen in den Staffelgeschossen haben einen Austritt auf die anliegenden Dachflächen, die von den Bewohnern als Dachterrasse genutzt werden. Ein anderes Konzept liegt den Erdgeschosswohnungen zugrunde: Sie sind wie Einfamilienhäuser mit unabhängigen Hauseingängen sowie eigenen Gärten gestaltet. Mit dieser Bandbreite an Wohnungstypen schu-

Grafik: Stadtbau Aschaffenburg GmbH / Bruno Fioretti Marquez



Abb. 2: Die klammerartige Gegenüberstellung der Gebäudezeilen schafft voneinander getrennte öffentliche und private Räume: Neben den etwas erhöhten Privatgärten sowie den Loggien dient der geschützte Außenraum als Gemeinschaftsfläche.



Abb. 3: Die schräg ausgeführten Laibungen der Eingänge sowie der Sockelbereich sind wartungsarm gefliest. Farbe und Materialität der grün glasierten Verblender setzen einen Akzent zur hellgrauen Lochfassade.



Abb. 4: Die Grau-Grün-Ästhetik der Außenfassade setzt sich in den Treppenhäusern fort.

Foto: Deutsche Poroton / Matthias Rotter

fen die Architekten die Voraussetzung für eine ausgewogene soziale Durchmischung des Quartiers. Unterstützt wird diese Idee des Einanders durch einen Concierge-Service als zentrale Anlaufstelle und eine von allen Bewohnern nutzbare separate Gästewohnung. Um nicht im Umfeld zu viel Fläche durch Parkplätze zu versiegeln, stellt die Aschaffenburg Stadt den Bewohnern zusammen mit den Stadtwerken Autos im Car-Sharing zur Verfügung. Zeitgemäß ist auch das Energiekonzept: Die EnEV-2014-Gebäude werden über ein Blockheizkraftwerk und mehrere Photovoltaikanlagen mit Wärme und Strom versorgt. Die auf diese Weise regenerativ erzeugte Energie können die Mieter direkt beziehen und dadurch Geld sparen.

Nachhaltige monolithische Ziegelkonstruktion

Das Konzept der Liebhöfe setzt auf Qualität, Nachhaltigkeit und sinnvolle Detaillösungen. „Deshalb entschieden wir uns bei den Außenwänden für dämmstoffgefüllte Poroton Ziegel“, sagt Manuela Rösel-Keim. Sie ermöglichen

eine monolithische Bauweise unter Berücksichtigung aller Anforderungen an Statik, Wärme-, Brand- und Schallschutz. „Diese Konstruktion ist sehr langlebig und hält die Instandhaltungskosten auf Dauer niedrig. Zudem überzeugten uns die feuchte- und hitzeregulierenden Eigenschaften von Ziegeln, denn ein angenehmes, wohngesundes Raumklima ist zu jeder Jahreszeit wichtig.“ Die Außenmauern im Erdgeschoss bis einschließlich des zweiten Obergeschosses sind monolithisch mit dem dämmstoffgefüllten Poroton Ziegel „S10-MW“ in der Stärke 42,5 Zentimeter errichtet. Um einerseits Wärmebrücken zu minimieren, andererseits eine einheitliche Ziegelfläche für den sicheren Putzauftrag zu gestalten, kamen Poroton Systemergänzungen wie wärmedämmte Deckenrandschalen, Ringanker, Ziegelstürze, Laibungs- oder Anschlagsschalen zum Einsatz. Bedingt durch die monolithische Ziegelbauweise ist die Fassade als Lochfassade konzipiert. Die innenbündige Anordnung der Fenster betont den monolithischen Charakter des Baukörpers. Besonders ließen sich die Planer auch für die Außenkanten der Gebäude mit den Zu-

gängen zu den Treppenhäusern und den Einfamilienhauswohnungen einfallen. Die Ziegellai-bungen der Eingangstüren sind an einer Seite jeweils schräg ausgeführt und mit handgefertigten Verblendern mit einer grün eingefärbten Glasur im Dünnformat umschlossen. Die grün gefliesten Bereiche setzen sich im Sockel der Straßenseite sowie in den Durchgängen der Gebäuderiegel fort. Mit diesem einfachen Mittel entsteht eine ästhetisch ansprechende Straßenfassade, die das Prinzip der Trennung von öffentlichen Räumen, Gebäudeaußenkanten, privaten Räumen und Gebäudeinnenkanten fortführt. „Solche Details entscheiden letztlich darüber, ob sich ein Wohngebäude aus der Masse an gebautem Wohnraum positiv hervorhebt, ob es Wohlfühlräume schafft. Genau dies ist ja das Ziel des Projekts Liebhöfe“, sagt Architekt Piero Bruno. Manuela Rösel-Keim ergänzt: „Bezahlbaren Wohnraum zu schaffen ist mehr, als günstige Gebäude in die Landschaft zu setzen. Es geht letztlich darum, lebenswerte Räume durch Architektur so zu strukturieren, dass ein friedliches soziales Miteinander entsteht.“ <

5

Foto: Deutsche Poroton / Matthias Rotter



Abb. 5: Die Liebhöfe sind monolithisch mit dämmstoffgefüllten Poroton Ziegeln „S10-MW“ in der Stärke 42,5 Zentimeter errichtet. Dieser Ziegel ist durch seine hohe Druckfestigkeit und die Wärme-, Brand- und Schallschutzeigenschaften prädestiniert für den Einsatz im Geschosswohnungsbau.

> BAUTAFEL

Bauherr: Stadtbau Aschaffenburg GmbH
Architekturbüro: Bruno Fioretti Marquez, Berlin
Investitionsvolumen: 14,5 Millionen Euro (KG 300 + 400)
Bruttogeschossfläche: 13 921 m²
Außenwände: Monolithische Außenwand aus dämmstoffgefüllten Poroton S10-MW, 42,5 Zentimeter, U-Wert der Außenwand 0,22 W/m²K
Jahresprimärenergiebedarf: 51,9 kWh/(m²a)
Haustechnik: Blockheizkraftwerk und Photovoltaik (Konzept „Mieterstrom“), Abluftanlage mit Nachströmung über Zuluftelemente in den Fensterlaibungen

Fachgerechte Ausbildung des Fußpunktes

Extrem beansprucht – der Sockelbereich monolithischer Wandkonstruktionen

Der Sockelbereich zählt zu den besonders strapazierten Gebäudeteilen. Er muss nicht nur Feuchtigkeit, Frost und Streusalzen standhalten, sondern auch die Lasten in die Gründungsbauteile ableiten. Aufgrund der Vielzahl möglicher Sockelkonstruktionen kommt es immer wieder zu Ausführungsfehlern, die kosten- und zeitintensive Sanierungsarbeiten nach sich ziehen. Aus aktuellen Versuchsreihen im Labor für den Konstruktiven Ingenieurbau der OTH Regensburg lassen sich folgende praxistauglichen Hinweise für die statischen Nachweise unterschiedlicher Ausführungsvarianten ableiten.

Ausführung

Unabhängig von einer Unterkellerung muss die Wärmebrücke im Sockelbereich der Außenwände zwischen hoch wärmedämmendem Mauerwerk und Beton mit einer besonders druckfesten und feuchteresistenten Dämmung versehen werden. Die gängige Praxis ist eine Perimeterdämmung, die an der Außenseite der Bodenplatte bzw. der Kellerdecke sowie der anschließenden Kelleraußenwand angeordnet wird. Unter der ersten Steinreihe empfiehlt sich wegen des Feuchteschutzes die Verlegung einer horizontalen Mauersperrbahn in Form einer besandeten Bitumendachbahn R500 im Zementmörtelbett (Mörtelgruppe NM III / M20). Durch diesen Aufbau wird ein vertikaler Feuchtetransport wirksam verhindert. Die Tragfähigkeit des Mauerwerks auf eine Druck- und Schubbeanspruchung bleibt durch den Einbau der R500-Bahn unverändert erhalten. Außen muss der Gebäudesockel mindestens bis 30 Zentimeter Höhe oberhalb der Geländeoberkante mit Sockelputz abgedichtet werden. An den erdberührten Bauteilen hat sich eine vertikale hochgeführte Abdichtung bewährt. Im Übergangsbereich monolithischer Außenwände besteht zudem die Möglichkeit, die erste Steinreihe mit einer reduzierten Wanddicke auszuführen, um so die Perimeterdämmung

entsprechend höher über die Oberkante der Bodenplatte bzw. Kellerdecke führen zu können.

Für den Sockelbereich ergeben sich folgende Ausführungsmöglichkeiten:

- Variante I: Mauerwerk mit Überstand und einheitlicher Wanddicke (Abbildung 1)
- Variante II: Mauerwerk mit Überstand ab der zweiten Steinreihe und entsprechendem Wandsprung (Abbildung 3). Bei dieser Variante sollten in der untersten Steinreihe Planziegel mit einer höheren Festigkeit verwendet werden.

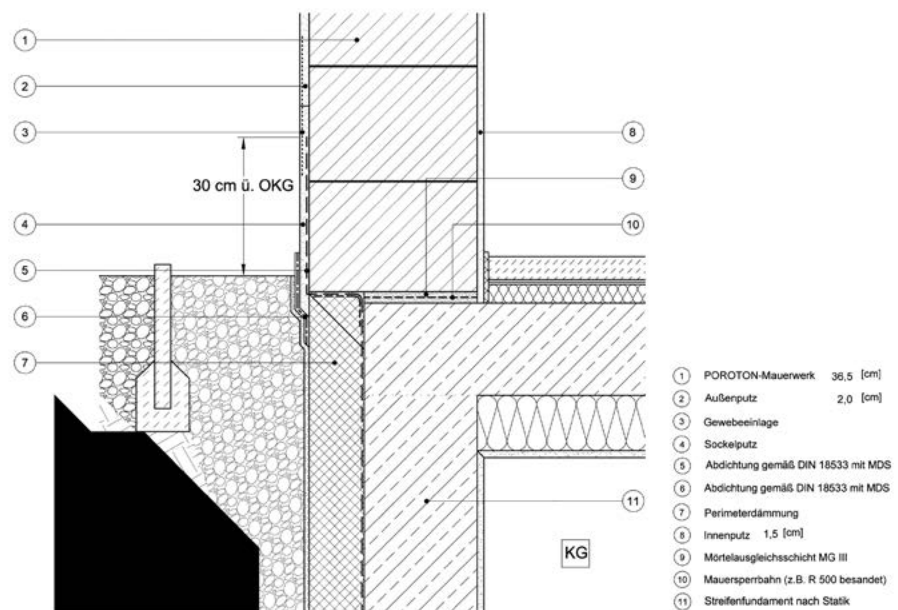


Abb. 1: Ausbildung des Sockelbereiches mit Überstand der ersten Steinreihe bei nicht beheizten Kellerräumen
Quelle: Wienerberger.de/Detailzeichnungen

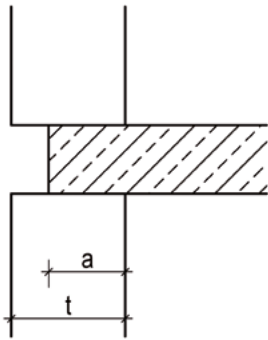


Abb. 2: Regelausführung des Wand-Decken-Knotens: Definition von Deckenauflagertiefe a und Wanddicke bei teilaufgelagerter Decke

Quelle: Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer

Foto: Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer



Abb. 3: Reduzierte Wanddicke im Sockelbereich: Ausführungsbeispiel im Rohbau

keit f_k der kleinere Wert von oberem f_{k1} (in der Regel maßgebend) bzw. unterem Mauerwerk f_{k2} angesetzt werden (Abbildung 5). Die Lochbilder der untersten Steinreihe und dem aufgehenden Mauerwerk sind aufeinander abzustimmen. Die Detailausbildung des Sockelbereiches von monolithischen Wandkonstruktionen ist bei der rechnerischen Nachweisführung von Mauerwerk nach DIN EN 1996-3/NA (Eurocode 6) zu beachten. Wer bei der Ausführung des Sockelbereiches auf Nummer sicher gehen will, kann die Bemessung unter Beachtung der oben aufgeführten Empfehlungen nach dem vereinfachten Verfahren von DIN EN 1996-3/NA durchführen. <

Bemessung

Variante I

Die Bemessung der Wand in der Ausführungsvariante I nach dem vereinfachten Verfahren von DIN EN 1996-3/NA erfolgt mit dem Ansatz einer teilaufgelagerten Decke mit einem Verhältnis a/t entsprechend der Ausführung am Wandfuß (Abbildung 1 und 2). Für die Ausführung wird ein Verhältnis von Auflagertiefe zu Wanddicke a/t von $2/3$ bis $3/4$ empfohlen.

Variante II

Bei der Variante II erfolgt neben dem Wechsel der Wanddicke in der Regel auch eine abweichende Baustoffwahl für die unterste Steinreihe. Auf den ersten Blick ist eine relevante Abweichung von der Regelausführung des Wand-Decken-Knotens erkennbar (Abbil-

dung 3). Daher wurden im Labor für den Konstruktiven Ingenieurbau an der OTH Regensburg Versuche an Kleinprüfkörpern durchgeführt, um den Einfluss eines Wanddickensprungs und unterschiedlichen Planziegelprodukten auf die örtliche Tragfähigkeit zu untersuchen. Hierbei wurden verschiedene Planziegelprodukte (Lochbilder, Festigkeiten) getestet (Abbildung 4 links). Die Auswertung der Versuche mit Bezug auf das Bemessungsmodell des Spannungsblocks (Abbildung 4 rechts) und die Umsetzung in Bemessungsvorschläge kann wie folgt zusammengefasst werden: Der rechnerische Nachweis der Tragfähigkeit des Wandfußpunktes kann nach dem Vereinfachten Verfahren von DIN EN 1996-3/NA (Ausgabe 2019-12) erfolgen, wenn als Auflagertiefe a die untere Wanddicke t_2 und für die Mauerwerksfestig-



> PROF. DR.-ING. DETLEFF SCHERMER

Professor für Bauwerke des Massivbaus und Baustatik an der Fakultät Bauingenieurwesen der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg; Prüfenieur für Standesicherheit – Fachrichtung Massivbau.

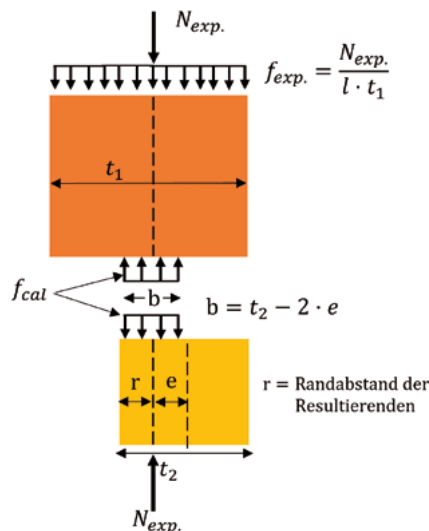


Abb. 4: Versuch an Dreisteinkörpern mit Wanddickenversatz und verschiedenen Poroton-Planziegeltypen im LKI der OTH Regensburg (links) und Modell für die Bemessung mithilfe des Spannungsblocks (rechts)

Quelle: Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer

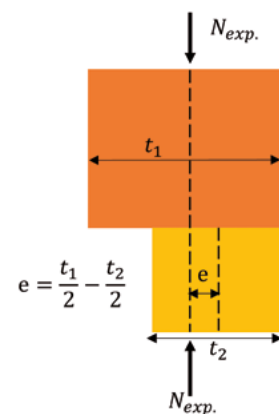


Abb. 5: Angepasste Situation im Sockelbereich bei Wanddickensprung und Wechsel der Materialfestigkeiten (Variante II)

Quelle: Prof. Dr.-Ing. Detleff Schermer

Einfach bauen

Energieeffizienz mit robuster Architektur

Hypothese: Einfache Energiekonzepte ohne eine kostenintensive Klimatisierung, aber mit einer gut wärmedämmenden und thermisch speicherfähigen Gebäudehülle, zum Beispiel aus Ziegelmauerwerk, reduzieren den „Performance Gap“. Die Bauweise bietet sich für robuste Optimierungen an, mit denen eine hohe Energieeffizienz auch bei unsicheren Randbedingungen, beispielsweise das Klima oder der Nutzer, gewährleistet werden kann.

8

Der Energieverbrauch nach der Fertigstellung von Gebäuden verursacht typischerweise rund 32 Prozent der gesamten Lebenszykluskosten. Dieser große Anteil der Energiekosten während der Nutzung veranschaulicht, wie wichtig Monitoring und Qualitätssicherungsmaßnahmen im Gebäudebetrieb sind, um die Lebenszykluskosten der Nutzungsphase möglichst gering zu halten und eine hohe Energieeffizienz des Gebäudebetriebes zu gewährleisten. Leider wird dieser Grundsatz häufig so verstanden, dass moderne Gebäude zwingend ausgeklügelte energetische Konzepte auf der Basis aufwendiger Lüftungs- und Klimatisierungstechnik aufweisen müssen. Es wird dann nach der Maxime geplant: Nur ein kompliziertes Gebäude ist ein gutes Gebäude. In der baupraktischen Realität führt dieser Weg jedoch meist in die Irre, etwa weil die Komplexität im alltäglichen Betrieb nicht beherrscht wird oder weil die Gebäudenutzer vom vorgesehenen Verhalten abweichen. Zahlreiche wissenschaftliche Studien zeigen, dass die gemessenen Energieverbräuche hochkomplexer Gebäude teilweise um ein Mehrfaches größer sind, als in der Planung prognostiziert (vgl. BINE 2015; OBB 2017; Delzendeh et al. 2017). Diese Differenz wird als Performance Gap (Abb. 1) bezeichnet und nicht selten mit einem angeblichen „Nutzerfehlverhalten“ kaschiert oder entschuldigt.

Den Gegenpol zu dieser High-Tech-Strategie bilden moderne Gebäude, die mit passiven Energiekonzepten ohne aufwändige Klimatisierungstechnik eine ausgezeichnete Aufenthaltsqualität bei einer gleichzeitig hohen Energieeffizienz aufweisen. Vorbilder für dieses einfache Bauen bietet beispielsweise die



Abb. 1: Die „Performance Gaps“ zeigen sich meist in der Entstehungsphase eines Gebäudes und durch das Verhalten der späteren Nutzer. Grafik: Darstellung Deutsche Poroton nach Delzendeh et al. 2017

historische Ziegelarchitektur, die in vielen Fällen ohne Klimatechnik eine gute Raumqualität und eine hohe Nutzerzufriedenheit erreicht. Möglichkeiten für dieses einfache Bauen bieten zum Beispiel Außenwände aus hoch wärmedämmendem porositätem Ziegelmauerwerk, die mit einfachen Konstruktionen und sicheren Ausführungsdetails einen hohen winterlichen Wärmeschutz bis hin zum Passivhausniveau bieten. Gleichzeitig beugen die hohen thermischen Speichermassen des Mauerwerks auch ohne teure Klimatisierung der Überhitzung im Sommer vor. In Verbindung mit einer natürlichen Fensterlüftung und ggf. einem außen liegenden Sonnenschutz oder nur mit einer Fensterlaibung als fixe Verschattung entstehen so auf wirtschaftliche Weise einfache und robuste Gebäudekonstruktionen, die gerade durch den Verzicht auf eine komplexe Haustechnik alle Aspekte der Energieeffizienz, Aufenthaltsqualität und Nutzerzufriedenheit erfüllen.

Robustheit als zielgerichtete Optimierung

Begriffe wie „low-tech“ oder auch „einfaches Bauen“ unterliegen einer subjektiven Wahrnehmung und sind bisher für Gebäude nicht eindeutig definiert. Die Autoren beschäftigen sich darum mit dem Begriff der Robustheit.

Dieser bezieht sich auf den Einflussgrad von unsicheren Randbedingungen. Eine robuste Optimierung ist in vielen Industriezweigen Stand der Technik, hat jedoch im Bauwesen noch keinen Einzug gefunden (vgl. Nguyen et al. 2014). Gerade im Gebäudesektor bestehen jedoch unsichere Randbedingungen, beispielsweise aus dem Nutzerverhalten, nicht optimal betriebenen Systemen oder auch aus dem Klimawandel, der zwangsläufig – vor allem in Städten – zu einer Veränderung der klimatischen Randbedingungen führen wird. Ein robustes Verhalten bzw. eine robuste Optimie-



► **PROF. DIPL.-ING. THOMAS AUER**
Geschäftsführer von Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart, und Professor für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen an der Technischen Universität München

zung lässt sich wissenschaftlich beschreiben (vgl. Rhein 2014; Maderspacher 2017). Die nachfolgende Grafik zeigt den Unterschied zwischen einer globalen und einer robusten Optimierung, reduziert auf zwei Parameter (Abb. 2).

Die bisherigen Planungsprozesse suchen für die jeweilige Aufgabe nach dem sogenannten globalen Minimum, also dem rechnerisch unter den angenommenen Konditionen jeweils erreichbaren Idealwert. Veränderungen in den Eingangsgrößen können das Ergebnis jedoch deutlich verändern (Δy_1). Demgegenüber ist das robuste Optimum der Zustand, bei dem unsichere Randbedingungen oder Schwankungen der Eingangsgrößen das Ergebnis nur geringfügig verändern. Wenn Gebäude nach ihrer Robustheit bewertet werden, lassen sich in Zukunft Technikkonzepte vermeiden, die zwar unter spezifischen Randbedingungen besser als andere Konzepte erscheinen, die aber hinsichtlich der gesamten Schwankungsbreite ihrer Randbedingungen schlechter sind.

Robuste Energieeffizienz bei Ziegelmauerwerk

Übertragen auf massive hoch wärmedämmende porosierte Ziegelkonstruktionen mit einem guten Wärmespeichervermögen und einer natürlichen Fensterlüftung bedeutet eine robuste Optimierung zum Beispiel, dass die Nutzer die Fenster nach ihren persönlichen Bedürfnissen öffnen können, ohne damit die Energieeffizienz nachhaltig zu verschlechtern. Bei Gebäuden mit einer maschinellen Lüftung und Wärmerückgewinnung sind geöffnete Fenster hingegen in den Randbedingungen oft gar nicht vorgesehen. Die Baukostensenkungskommission der Bundesregierung kam zu dem Ergebnis, dass vor

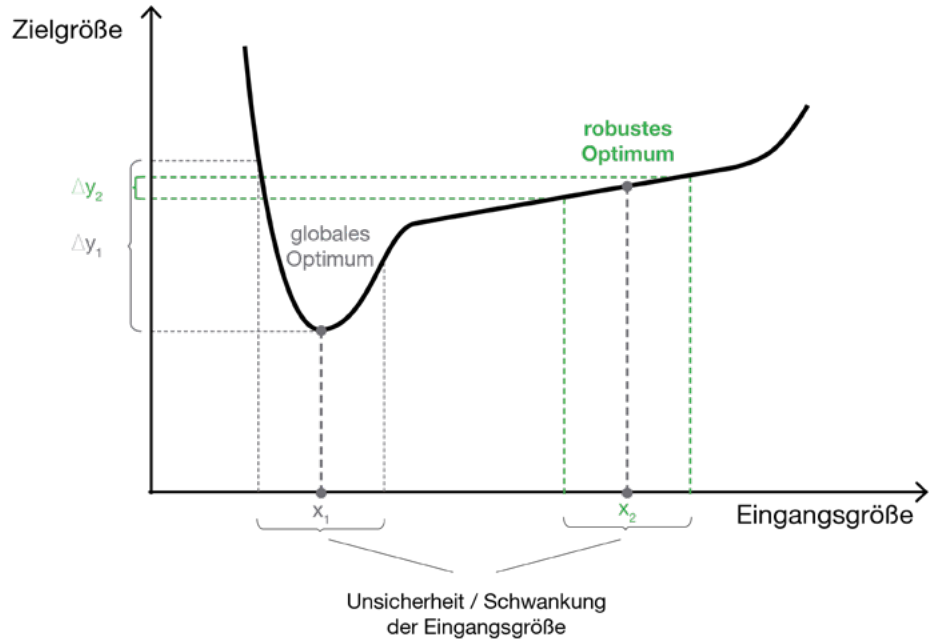


Abb. 2: Unterschied zwischen einem globalen und einem robusten Optimum
Grafik: TU München, Auer / Franke nach Rhein 2014

allem die Kostengruppe 400 (technische Gebäudeausrüstung) für die Kostensteigerung am Bau verantwortlich ist. Untersuchungen zeigen, dass die angestrebte Energieeffizienz im Betrieb, wenn überhaupt, erst nach einer Einregulierungsphase erzielt wird (vgl. Jazizadeh et al. 2013). Da ein solches Monitoring für die allermeisten Gebäude nicht durchgeführt wird, liegt der Schluss nahe, dass eine Vielzahl von neuen Gebäuden deutlich mehr Energie verbraucht als erforderlich. Es ergibt sich ein erheblicher Performance Gap, mit dem das rechnerisch eventuell sehr gut aussehende Ergebnis in der Praxis weit verfehlt wird. Eine maschinelle Lüftung ist demnach, speziell im Geschosswohnungsbau, keine robuste Lösung.

Fazit

Passive, nutzerregelte Systeme führen potenziell nicht nur zu einem reduzierten Energiebedarf und geringeren Installationskosten, sondern sie erhöhen gleichzeitig die Robustheit von Gebäuden. Damit steigern sie die Nutzerzufriedenheit und reduzieren den Performance Gap. Beispielsweise können Konstruktionen aus porosiertem Ziegelmauerwerk – als hoch wärmedämmende Gebäudehüllen mit einem hohen Wärmespeichervermögen – ideal mit einer natürlichen Fensterlüftung kombiniert werden. Sie gehören damit nicht nur bau- und ausführungstechnisch, sondern auch im Sinne der energetischen Optimierung zu den robusten Bauweisen. <

Quellen:

Folgende Projekte der TUM beschäftigen sich mit robuster Architektur und einfachem Bauen:

TUM Forschungsgruppe Einfach Bauen, <https://www.einfach-bauen.net>

Robuste TGA, <https://www.ar.tum.de/klima/forschung/laufende-forschungsprojekte/robuste-nutzerfreundliche-und-kostenguenstige-tga/>

Einfach Bauen: Nullenergiegebäude in Garching, <https://www.ar.tum.de/klima/forschung/laufende-forschungsprojekte/einfach-bauen-studentenwohnhaeuser-am-campus-garching/>

Altnatura Arbeitswelt – ressourcenneutraler Neubau, <https://www.ar.tum.de/klima/forschung/laufende-forschungsprojekte/prozessbegleitung-eines-ressourcen-neutralen-neubaus/>

Literatur:

Einfach Bauen 1 (2018). Einfach Bauen: Ganzheitliche Strategien für energieeffizientes, einfaches Bauen – Untersuchung der Wechselwirkungen von Raum, Technik, Material und Konstruktion. Endbericht. Technische Universität München, Zukunft Bau (BBSR). SWD-10.08.18.7-16.29.

Endres, E. (2018). Parameterstudie Low-Tech Bürogebäude. Endbericht. Technische Universität München. Zukunft Bau (BBSR). SWD-10.08.18.7-16.65.

Maderspacher, J. (2017). Robuste Optimierung in der Gebäudesimulation. Entwicklung einer Methode zur robusten Optimierung für die energetische Sanierung von Gebäuden unter unsicheren Randbedingungen. Dissertation. Technische Universität München.

ÖBB (2017). e% – Energieeffizienter Wohnungsbau. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Begleitung des Modellbauvorhabens. Technische Universität München. Hochschule Augsburg. Hochschule Coburg. Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr.



Foto: © Astrid Eckert / Photographie

> LAURA FRANKE, M. SC.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen, Fakultät für Architektur, Technische Universität München

Best Practice

Ziegel – robuste Architektur im Geschossbau

Der Ziegel zählt neben Holz und Stein zu den ältesten uns bekannten Baustoffen. Auch wenn die Anforderungen an seine Herstellung komplexer geworden sind, ist die Rationalisierung und der hohe Vorfertigungsgrad ein wesentliches Merkmal dieses Materials. Die Fügung und Schichtung des Ziegels zum sehr stabilen Mauerwerk ist dabei bauteilimmanent und der Grundstein für jeden Geschossbau.

10

Neben seiner Werthaltigkeit und der kulturellen Bedeutung verfügt der Mauerziegel über spezifische technische und bauphysikalische Eigenschaften, die ihn als besonders geeigneten Baustoff qualifizieren. Seine Tragfähigkeit kann aufgrund unterschiedlicher Druckfestig-

keiten exakt den jeweiligen statischen Anforderungen angepasst werden – einerseits, andererseits variiert die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit zur Druckfestigkeit und Materialstärke. In den Häusern „2226“ in Lustenau, Emmenweid und Lingenau hat man sich beide

Eigenschaften zunutze gemacht. Zwei Poroton-Ziegel nebeneinander bilden zusammen die Außenwand. Der innere dient im Wesentlichen der Lastabtragung der Geschossdecken, der äußere Ziegel übernimmt überwiegend die Dämmfunktion. Beide wirken zusammen



Abb. 1: Ganz ohne Klimatechnik kommt das Gebäude „2226“ in Lustenau aus. Dank der massiven Ziegelwände sind im Innenraum ganzjährig Temperaturen zwischen 22 und 26 °C.

als monolithisches Bauteil. Bauphysikalische und konstruktive Nachteile, wie sie in der Regel an Schnittstellen zwischen zwei Bauteilen auftreten, werden vermieden. Neben der tragenden und dämmenden Funktion des Ziegels fokussiert das Gebäude insbesondere auf seine Speichereigenschaften. Neubauten sind vielfach davon geprägt, „leicht“ zu sein, beispielsweise durch abgehängte Decken, aufgeständerte Böden, Trockenbauwände im Innern und hoch wärmedämmte oder gläserne Wände nach außen. Diese Bauteile haben eines gemein: Sie verfügen über keine relevante Speichermasse. Sie speichern keine Wärme, keine Kühle und keine Feuchtigkeit, die sie an die Raumluft abgeben können. Hinzu kommt, dass die Temperaturleitfähigkeit einer homogenen Wand mit dem Quadrat der Wandstärke wächst. Die Oberflächentemperaturschwankung einer 75 Zentimeter starken Außenwand beträgt nur ein Zehntel einer „normalen“ Außenwand. Anders ausgedrückt: Dicke Außenwände sind träge und wirken wie ein Tiefpassfilter, der kurzfristige Temperaturschwankungen, die zum Beispiel beim Öffnen der Fenster zu Lüftungszwecken entstehen können, nahezu völlig ausgleicht. Das Ergebnis ist ein hohes Maß an Gebäudeselbstregulierung. Zusammen mit der Reduktion der Gebäudetechnik ermöglicht sie ein Maximum an Nutzungs- und Bedienungskomfort. ◀



Abb. 2: Die massive Außenwand ist 76 cm stark und besteht aus zwei Poroton Ziegeln nebeneinander: einem verfüllten Ziegel und einem Planziegel.

Bild: Baumschlager Eberle Architekten



Abb. 3: Bürogebäude 2226 Emmenweid in der Schweiz: ein viergeschossiger Mauerwerksbau mit Kalkputzfassade. Anstelle einer aufwendigen Gebäudetechnik setzten die Planer auf einen rein bauphysikalischen Ansatz.

Bild: Roger Frei



► PROF. GERD JÄGER

Architekt; von 2002–2006 Professor für Entwurf und Baukonstruktion an der FH Kiel, von 2004–2006 Honorarprofessor für Entwurf und Baukonstruktion am Namibia University of Science and Technology, 2010 Gründung des Architekturbüros BEA Berlin zusammen mit Dietmar Eberle. Jäger ist Partner bei Baumschlager Eberle Architekten.



Abb. 4: Das Konzept 2226 lässt vielfältige Fassadengestaltungen zu. Neben Putz oder Klinker können auch Schindeln angebracht werden wie hier in Lingenau.

Bild: Eduard Hueber, archphoto, Baumschlager Eberle Architekten

Optimiertes Nachweisverfahren

Bemessung von Fensterbrüstungen aus Mauerwerk bei teilauf liegender Decke

Fensterbrüstungen aus Mauerwerk weisen in üblichen Anwendungsfällen eine offensichtliche Tragfähigkeit auf, weshalb der statische Nachweis in der Regel ohne Probleme erbracht werden kann. In einigen Sonderfällen können jedoch ungünstige Randbedingungen, beispielsweise eine teilauf liegende Decke in Kombination mit großen Brüstungshöhen und Fensterbreiten, dazu führen, dass die Tragfähigkeit nicht mehr offensichtlich gegeben ist und eine Bemessung nach DIN EN 1996/NA nur schwer durchzuführen ist.

12

Im nachfolgend vorgestellten Bemessungsansatz für Fensterbrüstungen aus Mauerwerk bei einer teilauf liegenden Decke wird die Biegezugfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge sowie die Deckenrandschale des Mauerwerks explizit berücksichtigt, wodurch sich höhere Traglasten und somit wirtschaftlichere Konstruktionen als bei einer normativen Bemessung ergeben.

Bemessung von Brüstungsmauerwerk bei teilauf liegender Decke unter Ansatz der Deckenrandschale

Der Ansatz zur Bemessung von Brüstungsmauerwerk bei einer teilauf liegenden Decke basiert auf dem in Abbildung 1 dargestellten System. Die Ermittlung der Tragfähigkeit erfolgt auf der Grundlage des Hookeschen Gesetzes und unterstellt somit einen linearen Zusammenhang zwischen Spannung und

Dehnung. Diese Annahme ist gerechtfertigt, da bei Brüstungsmauerwerk infolge der geringen Normkrafteinwirkung nur sehr geringe Druckspannungen auftreten und sich eine ggf. vorhandene Nichtlinearität der Arbeitslinie nicht auswirkt.

Neben dem Wandeigengewicht G leistet – je nach Art der Befestigung – lediglich das Eigengewicht des Fensters V_F einen zusätzlichen Beitrag zur einwirkenden Normalkraft. Da das Fenster aus bauphysikalischen Gründen in der Regel exzentrisch nach außen angeordnet ist, resultiert aus dem Eigengewicht des Fensters gleichzeitig eine Biegebeanspruchung in der Wand. Diese ist mit der aus der angreifenden Windlast entstehenden Biegebeanspruchung zu überlagern. Durch einen Vergleich der in DIN EN 1991-1-4/NA definierten Außendruckbeiwerte lässt sich feststellen, dass eine Windsog-

beanspruchung in der Regel den maßgebenden Bemessungsfall darstellt. Weiterhin wird unterstellt, dass das Fenster die auf sich einwirkende Windlast jeweils zur Hälfte nach oben und unten abträgt, weshalb am Wandkopf der Brüstung eine zusätzliche Horizontalkraft H_F nach Gleichung (1) wirkt.

$$H_F = w_{Ed} \cdot \frac{h_F}{2} \cdot l \quad (1)$$

mit:

H_F Bemessungswert der Horizontalkraft am Kopf der Brüstung

w_{Ed} Bemessungswert der Windlast

h_F Fensterhöhe

l Länge der Brüstung

Der resultierende Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft N_{Ed} sowie der Bemessungswert des auf die Auflagerachse bezogenen Moments M_{Ed} berechnen sich für das in Abbildung 1 dargestellte System mit Hilfe von Gleichung (2) und (3).

$$N_{Ed} = \gamma_G \cdot \gamma_{MW} \cdot t \cdot h_B \cdot l + V_F = g_{MW} \cdot h_B \cdot l + V_F \quad (2)$$

$$M_{Ed} = V_F \cdot \left(e_F + \frac{t-a}{2} \right) + g_{MW} \cdot h_B \cdot l \cdot \frac{t-a}{2} + w_{Ed} \cdot l \cdot \left(\frac{h_B^2}{2} \right) + H_F \cdot h_B \quad (3)$$

mit:

γ_G Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen

γ_{MW} Wichte des Mauerwerks

Tabelle 1: Randbedingungen für die Berechnung der tabellierten maximalen Brüstungshöhen

Parameter	Formelzeichen	Wert
Lichte Wandhöhe	h	3,0 m
Höhe der Fensterübermauerung	h_s	30 cm
Dicke der Deckenrandschale	t_{DRS}	1,5 mm
Mauerwerksdruckfestigkeit	f_k	1,8 N/mm ²
Biegezugfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge	f_{xk1}	0,2 N/mm ²
Wichte der Wand	γ_{MW}	6,5 kN/m ³ ÷ 11 kN/m ³
Vertikallast aus Fenster	$V_F / (h_F \cdot l)$	~ 0,5 kN/m ²
Exzentrizität des Fensters	e_F	$t/6$

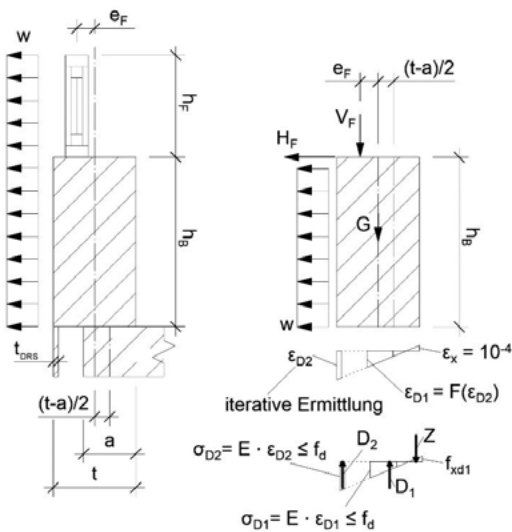


Abb. 1: Veranschaulichung der Bemessung von Brüstungsmauerwerk mit teilaufhängender Decke unter Berücksichtigung der Deckenrandschale

t Wanddicke
 h_b Brüstungshöhe
 V_F Bemessungswert der Vertikallast aus dem aufstehenden Fenster
 g_{MW} Bemessungswert des Eigengewichts des Mauerwerks in kN/m^2
 e_F Exzentrizität des Fensters zur Wandachse
 a Auflagertiefe
 Um die Tragwirkung der Deckenrandschale bei der Bemessung des Brüstungsmauerwerks miteinzu-
 beziehen, ist eine iterative Ermittlung der Dehnungsverteilung notwendig. Der dafür benötigte
 Elastizitätsmodul im Druckbereich entspricht dem
 Rechenwert nach DIN EN 1996-1-1/NA.
 Weiterhin wird in Anlehnung an den in DIN EN
 1996-1-1/NA, Abs. 7.2 angegebenen Randdehnungsnachweis angenommen, dass die Biegezug-
 festigkeit des Mauerwerks bei einer Dehnung von

$\varepsilon_R = 10^{-4}$ erreicht wird. Bei der Iteration der Dehnungsebene wird die Dehnung auf der Zugseite des Brüstungsquerschnitts mit $\varepsilon_R = 10^{-4}$ konstant gehalten, während die Dehnung auf der Druckseite (Seite der Deckenrandschale) variiert wird. Sobald ein Gleichgewichtszustand der resultierenden Kräfte erreicht ist ($D_1 + D_2 = Z + N_{Ed}$), kann die Momententragfähigkeit des Brüstungsmauerwerks mithilfe von Gleichung (5) berechnet werden:

$$M_{Rd} = D_1 \cdot x_{D1} + D_2 \cdot x_{D2} - Z \cdot x_Z - N_{Ed} \cdot t/2 \quad (5)$$

mit:

D_1, D_2, Z Resultierende Druck- bzw. Zugkräfte innerhalb des Brüstungsmauerwerks
 x_{D1}, x_{D2}, x_Z Abstand der resultierenden Kräfte D_1, D_2 und Z zum Querschnittsrand

Übersteigt das aufnehmbare Biegemoment M_{Rd} den Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments M_{Ed} , ist der Nachweis des Brüstungsmauerwerks erfüllt. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass dieser Bemessungsansatz nur für den Beanspruchungszustand Zugspannung auf der Wandinnenseite zutreffend ist.

Zulässige Brüstungshöhen von Ziegelmauerwerk

Der Nachweis der Tragfähigkeit einer Mauerwerksbrüstung mit einer teilaufhängenden Decke ist aufgrund des iterativen Berechnungsverfahrens nicht praktikabel für schnelle Handrechnungen. Daher werden die iterativ ermittelten zulässigen Brüstungshöhen für praxisübliche Anwendungsfälle in eine anwenderfreundliche Bemessungstabelle überführt. Für die Berechnung der in Tabelle 2 angegebenen zulässigen Brüstungshöhen liegen die in Tabelle 1 aufgeführten Randbedingungen zugrunde. Bei der angesetzten Deckenrandschale handelt es sich um das Produkt Poroton-DRS. <

Tabelle 2: Maximale Brüstungshöhen von Ziegelmauerwerk in m

t in cm	a/t	Bemessungswert der Windlast $w_{Ed} \leq \dots$ in kN/m^2												
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
30,0	0,8	k.E.	2,60	1,65	1,20	0,95	0,80	0,65	0,60	0,50	0,45	0,40	0,35	0,35
	2/3	k.E.	2,20	1,40	1,05	0,80	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,30
36,5	0,8	k.E.	k.E.	2,50	1,80	1,40	1,15	1,00	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55	0,50
	2/3	k.E.	k.E.	2,05	1,50	1,15	0,95	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40
42,5	0,8	k.E.	k.E.	k.E.	2,45	1,90	1,55	1,30	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70
	2/3	k.E.	k.E.	k.E.	1,95	1,55	1,25	1,10	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55
49,0	0,8	k.E.	k.E.	k.E.	k.E.	2,55	2,10	1,75	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00	0,90
	2/3	k.E.	k.E.	k.E.	k.E.	2,55	2,00	1,65	1,40	1,20	1,05	0,95	0,85	0,75

k. E. = keine Einschränkung



> UNIV.-PROF. DR.-ING. CARL-ALEXANDER GRAUBNER

Geschäftsführender Direktor des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt; Partner und Gesellschafter König und Heunisch Planungsgesellschaft Frankfurt am Main; Obmann des Spiegelausschusses „Mauerwerk“



> MAXIMILIAN BRINKMANN, M.SC.
 Studium Bauingenieurwesen an der TU Darmstadt; seit 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der TU Darmstadt



> BENJAMIN PURKERT, M.SC.
 Studium Bauingenieurwesen an der TU Darmstadt; 2014–2015 Projekt-Ingenieur bei Bernhardt Ingenieure GmbH, Darmstadt; seit 2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der TU Darmstadt

Auszug aus:

Mazur, R.; Purkert, B.; Graubner, C.-A. (2020): Bemessung von Fensterbrüstungen aus Mauerwerk unter Ansatz der Biegezugfestigkeit. In: Mauerwerk 24, Heft 2, S. 81-89.

Das Literaturverzeichnis sowie detailliertere Informationen sind hier nachschlagbar.

Monolithische Wände mit System

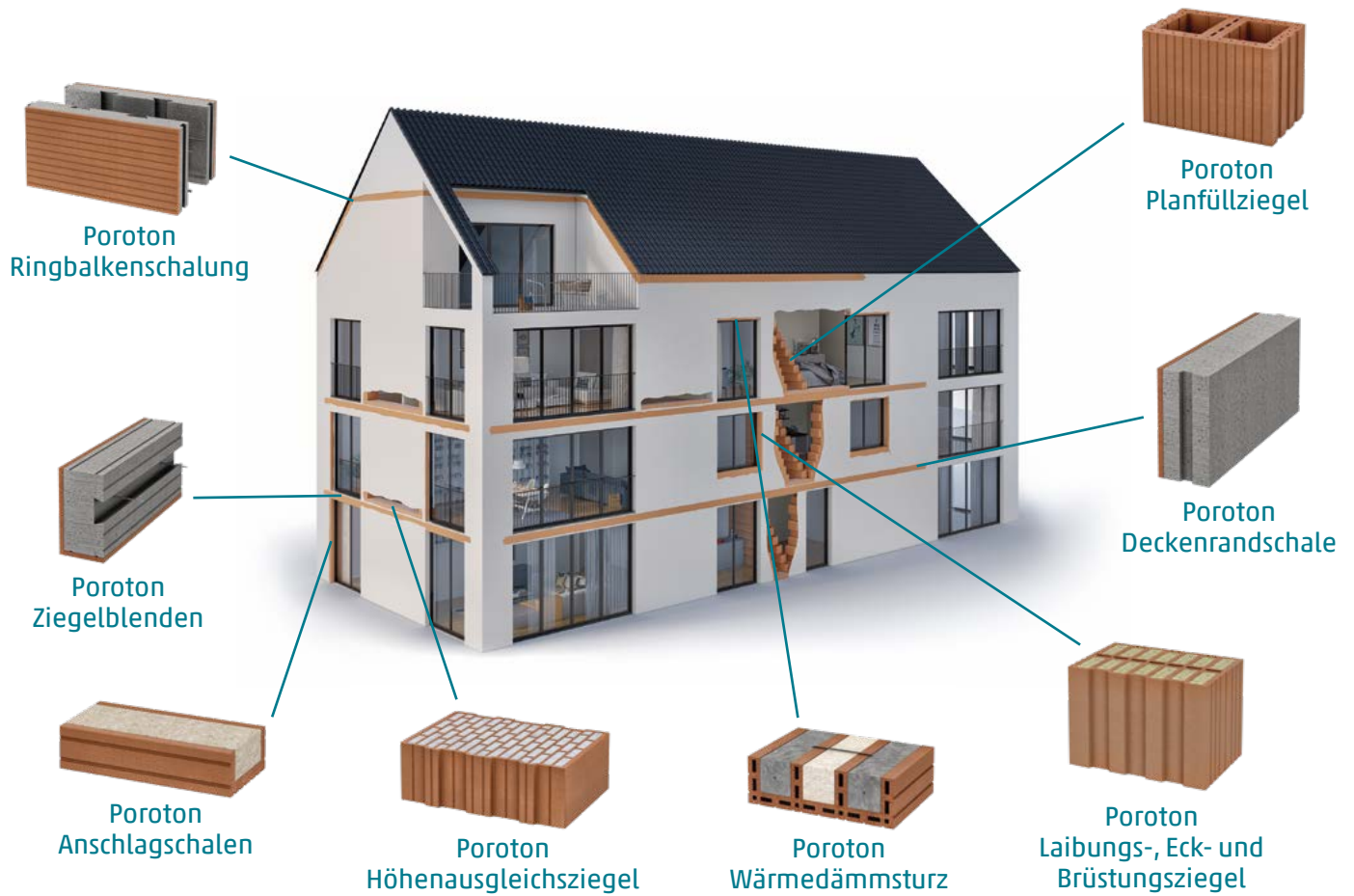
Poroton-Ziegel für den Geschosswohnungsbau

Poroton Objektziegel für den Geschosswohnungsbau – ausgewählte Eigenschaften

	Wandstärke	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	U-Wert ¹	Druckfestigkeitsklasse	Charak. Mauerwerksdruckfestigkeit f_k	Bezugsquelle
	cm	W/mK	W/m ² K		MN/m ²	
Poroton-S8-P / S8 (Z-17.1-1120) 	36,5	0,08	0,21	10	3,6	Wienerberger, Schlagmann Poroton
	42,5	0,08	0,18	10	3,6	Wienerberger, Schlagmann Poroton
	49,0	0,08	0,16	10	3,6	Wienerberger, Schlagmann Poroton
Poroton-S8-MW (Z-17.1-1187) 	36,5	0,08	0,21	10	4,5	Wienerberger
	42,5	0,08	0,18	10	4,5	Wienerberger
	49,0 ²	0,08	0,16	10	3,6	Wienerberger
Poroton-FZ8 (Z-17.1-1104) 	30,0	0,08	0,25	10	3,6	Schlagmann Poroton
	36,5	0,08	0,21	12	4,1	Schlagmann Poroton
	42,5	0,08	0,18	10	3,6	Schlagmann Poroton
	49,0	0,08	0,16	10	3,6	Schlagmann Poroton
Poroton-S9-P (Z-17.1-1173) 	36,5	0,09	0,23	12	5,2	Wienerberger
	42,5	0,09	0,20	12	5,2	Wienerberger
Poroton-S9 (Z-17.1-1181) 	36,5	0,09	0,23	12	5,3	Schlagmann Poroton
	42,5	0,09	0,20	12	5,3	Schlagmann Poroton
Poroton-S9-MW (Z-17.1-1145) 	36,5	0,09	0,23	10	4,6	Wienerberger
	42,5	0,09	0,20	10	4,6	Wienerberger
Poroton-S10 (Z-17.1-1017) 	36,5	0,10	0,26	10	3,6	Schlagmann Poroton
Poroton-S10-MW (Z-17.1-1101) 	30,0	0,10	0,31	12	5,2	Wienerberger
	36,5	0,10	0,26	12	5,2	Wienerberger
	42,5	0,10	0,22	12	5,2	Wienerberger

¹ Als Außenwand mit 20 mm mineralischem Leichtputz außen und 15 mm Kalk-Gipsputz innen² Ziegel nach Z-17.1-1104

Poroton Systemzubehör – für die monolithische Gebäudehülle



15

Für jedes konstruktive Detail im Geschosswohnungsbau hat Poroton das passende Systemzubehör parat. Fensterstürze, Deckenaufleger, Laibungen- und Eckausbildungen, Schallschutzwände – das gesamte Gebäude kann als monolithischer Ziegelbau errichtet werden. Produktbezeichnungen können bei Wienerberger und Schlagmann variieren.



Alle Produkte stehen deutschlandweit zur Verfügung, der Vertrieb erfolgt über Schlagmann Poroton (Süd-Deutschland) und Wienerberger.

Neben Poroton-Ziegeln und Zubehör bieten Schlagmann Poroton und Wienerberger nützliche Planungs-Tools: Bemessungsprogramme, Produktkataloge, Bauphysiksoftware, Wärmebrückenkatalog.

Wienerberger Deutschland
www.wienerberger.de

Schlagmann Poroton
www.schlagmann.de



An der Ausgabe 09-2020 des DIB bauplaners haben mitgewirkt:

POROTON®

Deutsche Poroton GmbH
Kochstraße 6-7
10969 Berlin

www.poroton.de
mail@poroton.org


Wienerberger

Wienerberger GmbH
Oldenburger Allee 26
30659 Hannover

www.wienerberger.de
info.de@wienerberger.com

SCHLAGMANN
POROTON®

Schlagmann Poroton GmbH & Co KG
Ziegeleistraße 1
84367 Zeilarn

www.schlagmann.de
info@schlagmann.de