



## Experimentelle Untersuchungen von Mauerwerk aus Ziegelsplittbeton- Hohlblocksteinen der Nachkriegszeit

Verena Hammerschmidt, Georg Pommer, Andreas Kolbitsch

# Experimentelle Untersuchungen von Mauerwerk aus Ziegelsplittbeton-Hohlblocksteinen der Nachkriegszeit

Die Tragfähigkeitsbewertung von Bestandsmauerwerk aus der Nachkriegszeit stellt besonders in Gebieten, wo aufgrund der Vielzahl an zerstörten Gebäuden rasch Wohnraum geschaffen werden musste, ein bedeutendes Thema dar. Aufgrund der fortschreitenden Lebensdauer der Gebäude und der damit verbundenen baulichen Maßnahmen sowie der innerstädtischen Wohnraumverdichtung ist das Mauerwerk hinsichtlich seiner Tragfähigkeit nachzuweisen. Unter anderem wurden im Zeitraum von 1945 bis 1965 speziell im Wohnbau Hohlblocksteine aus Ziegelsplittbeton, sog. Vibrosteine, als tragendes Mauerwerk verbaut. Da herkömmliche zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfmethode bei Hohlblocksteinen nur bedingt zur Festigkeitsbestimmung herangezogen werden können, ist die Kenntnis über die charakteristischen Materialeigenschaften von besonderer Relevanz. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden am Bestand Vibrosteine entnommen und experimentell Festigkeits- sowie Verformungseigenschaften an Mauerstein und Mauerwerk bestimmt. Die durchgeführten Untersuchungen sollen Aufschluss über das charakteristische Materialverhalten der Hohlblocksteine aus Ziegelsplittbeton der Nachkriegszeit geben und Grundlagen für zukünftige Tragfähigkeitsbewertungen des Gebäudebestands bieten.

**Stichworte** Hohlblocksteine; Ziegelsplittbeton; Nachkriegszeit; Bestandsmauerwerk; Versuche

## Experimental testing of masonry made with brick aggregate concrete – hollow blocks from the post-war period (1945–1965)

The assessment of the load-bearing capacity of existing masonry from the post-war period is an important topic in Vienna. Due to the advancing lifespan of the buildings and the associated structural measures as well as the urban densification of living space, the load-bearing capacity of the masonry must be verified. In the period from 1945 to 1965 hollow blocks made of brick aggregate concrete, so-called "Vibrosteine", were used for masonry construction, especially in residential construction. Since conventional, non-destructive and minor-destructive testing methods can only be used to a limited extent to determine the strength of hollow blocks, knowledge of the characteristic material properties is of particular relevance. In the course of the present work, "Vibrosteine" were taken from an existing structure and strength and deformation properties of blocks and masonry were determined. The tests provide information about the characteristic material behavior of the hollow blocks made of brick aggregate concrete of the post-war period and provide the basis for future load-bearing capacity assessments of the building stock.

**Keywords** hollow blocks; brick aggregate concrete; post-war period; existing masonry; testing

## 1 Einleitung

### 1.1 Historischer Hintergrund

Nach dem Zweiten Weltkrieg herrschte in Wien sowie großen Teilen Europas ein massiver Wohnungsmangel. Um in möglichst kurzer Zeit Wohnraum zu schaffen, wurde eine Vielzahl von neuen, schnell einsetzbaren, vergleichsweise ressourcenschonenden und somit günstigen Bausystemen entwickelt. Länder wie Schweden oder die Schweiz fertigten bereits vor Kriegsende Anlagen für Betonhohlblocksteine, für die auch Ziegelsplitt als Gesteinskörnung verwendet werden konnte [1]. Die ersten Anlagen zur Herstellung von Vibrosteinen erhielt die Gemeinde Wien als Geschenk der schwedischen Regierung. Dies führte zu einer kostengünstigen Produktion von Mauersteinen für den Wiederaufbau und zum anderen wurde Ziegelschutt von zerstörten Häusern wiederverwendet und musste nicht aufwendig abtransportiert werden. Der Vibrostein ist ein Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton und erhielt seinen Namen aufgrund des Herstellungsverfahrens, bei dem der Beton durch Vibration verdichtet wurde. Der Ziegelschutt kam zuerst in Backen-

brecher und danach in eine Siebtrommel. Der Siebdurchgang von 0/10 mm wurde für die weitere Steinerzeugung verwendet und gelangte in ein Rührwerk, worin der Ziegelsplitt mit Zement, Sand und Wasser vermischt wurde. Das Mischgut wurde mit einem auf einer Laufkatze angebrachten Fülleimer in einen Kasten mit Formstück gefüllt, durchgerüttelt und mit einer Platte abgedeckt. Der fertige Vibrostein wurde mittels Stempel herausgehoben und auf einem Trockenrahmen abgesetzt [2].

Es wurden Hohlblocksteine mit unterschiedlichen Abmessungen, Lochanteilen, Materialzusammensetzungen und Festigkeiten hergestellt. Aufgrund der geringeren Festigkeit, verglichen mit Mauerwerk aus Vollziegeln, kamen sie nicht in allen Bereichen des Wohnbaus zum Einsatz. Sie wurden bspw. in den obersten Geschossen von mehrstöckigen Wohnbauten oder in Kombination mit Wänden aus Vollziegelmauerwerk verbaut. Im Zeitraum von 1945 bis 1965 wurden in Wien über 80.000 Gemeindefamilienhäuser errichtet [3]. Die damaligen Aufzeichnungen und Planverzeichnisse sowie bereits durchgeführte Umbauten lassen darauf schließen, dass bei einer Vielzahl dieser Gebäude u. a. Hohlblocksteine aus Ziegel-

splittbeton verbaut wurden. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, Kenntnis über deren charakteristisches Materialverhalten zu erlangen.

## 1.2 Ausgangssituation und Problemstellung

Aufgrund der steigenden Bevölkerungszahlen in den Städten werden immer mehr Dachböden ausgebaut. Diese innerstädtische Nachverdichtung konzentriert sich in Wien hauptsächlich auf Gründerzeitbauwerke, da diese einen Großteil des Gebäudebestands im Stadtzentrum ausmachen. Die Möglichkeit der Wohnraumschaffung durch Dachbodenerweiterungen oder Aufstockungen von kommunalen Wohnbauten der Nachkriegszeit wurde bisher kaum genutzt. Aufgrund der weitgehend einheitlichen Typologie sowie der aufgelockerten Bauweise bieten diese Bauten ein großes Potenzial für die urbane Nachverdichtung [4]. Deren fortschreitende Lebensdauer macht oftmals Sanierungsmaßnahmen notwendig, die in vielen Fällen mit einem Dachgeschossausbau bzw. einer Aufstockung kombiniert werden können. Die damit verbundenen baulichen Maßnahmen erfordern die Bewertung der Tragfähigkeit des Bestandsmauerwerks. Diese erfolgt bei Vollziegelmauerwerk im Bestand mittels zerstörungsfreier bzw. zerstörungssarmer Untersuchungsmethoden sowie durch Heranziehen von Ergebnissen aus bereits durchgeführten Materialprüfungen und Referenzwerten. Bei Hohlblocksteinen sind die herkömmlichen zerstörungssarmen Untersuchungsmethoden nur bedingt anwendbar, da bspw. die Entnahme von Bohrkernen in den meisten Fällen nicht möglich ist. Des Weiteren können, u. a. aufgrund des Einflusses des Lochbilds und der unterschiedlichen Stegdicken, die an Kleinprüfkörpern ermittelten Festigkeitseigenschaften nicht ohne detaillierte analytische oder numerische Betrachtungen auf den ganzen Mauerstein übertragen werden. Für die Beurteilung der Tragfähigkeit des Bestandsmauerwerks aus Hohlblocksteinen wäre deshalb die Entnahme von ganzen Mauersteinen notwendig. Dies erweist sich jedoch als sehr schwierig, da die Gebäude grundsätzlich bewohnt sind und eine Entnahme von mehreren Mauersteinen einen großen Eingriff in die Tragstruktur des Bauwerks darstellt. Es ist daher von besonderer Relevanz, durch

experimentelle Untersuchungen Kenntnis über die charakteristischen Materialeigenschaften des Mauerwerks aus Ziegelsplittbeton-Hohlblocksteinen zu erlangen.

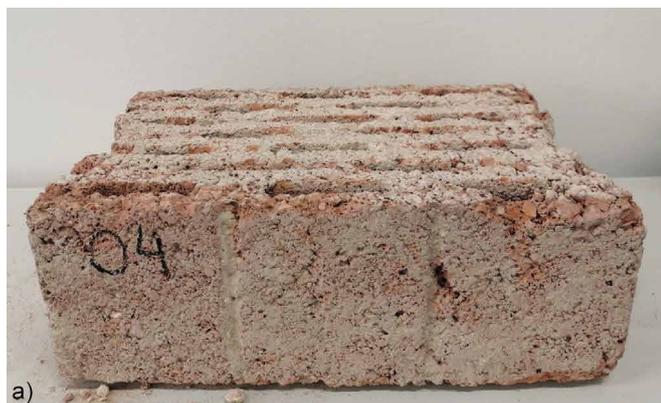
## 2 Versuchsprogramm

Die für das Versuchsprogramm verwendeten Vibrosteine wurden im Zuge des Abbruchs der Giebelwände im Dachgeschoss einer kommunalen Wohnhausanlage, welche Anfang der 1960er-Jahre erbaut wurde, im 2. Wiener Gemeindebezirk entnommen. Bei der Entnahme wiesen mit Mörtel bedeckte Bruchflächen im Bereich der Steinkanten darauf hin, dass bereits beschädigte Vibrosteine im Bestandsmauerwerk eingebaut waren [5]. Insgesamt konnten 90 Vibrosteine mit geringem Beschädigungsgrad (z. T. geringe Fehlstellen an den Ecken oder den äußeren Stegen, welche bereits im Bestandsmauerwerk vorhanden waren und vermutlich während des Herstellungsprozesses oder der Einbauarbeiten entstanden sind) entnommen werden. Das Versuchsprogramm umfasst Mauerwerks- sowie Mauersteinprüfungen. Die Untersuchungen an nachgebildeten Mauerwerksprüfkörpern bestehen aus der Bestimmung der Druckfestigkeit sowie der Verformungseigenschaften (Elastizitätsmodul, Querdehnungsmodul, Fugendehnung) und der Bestimmung der Haftscherfestigkeit. Die Materialprüfungen am Mauerstein beinhalten die Bestimmung der Druckfestigkeit und der Biegezugfestigkeit.

### 2.1 Mauerstein- und Mörtel­eigenschaften

#### 2.1.1 Mauerstein

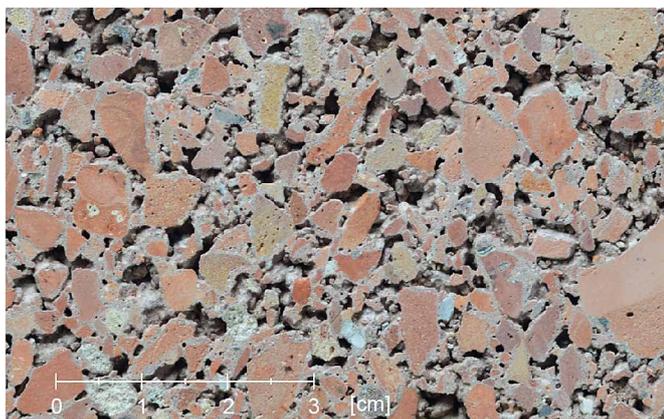
Bei den Vibrosteinen der vorliegenden Prüferie handelt es sich um fünfseitig geschlossene Hohlblocksteine aus Ziegelsplittbeton (Bild 1). An den Stoßfugen befinden sich Ausnehmungen bzw. Handgriffe, die sich über die ganze Steinhöhe erstrecken. Die innenliegenden, schlitzförmigen Hohlräume sind einseitig offen und weisen an der Oberseite eine Überdeckung von ca. 1 cm auf. Der Vibrostein wird mit den Öffnungen nach unten versetzt, um ein Eindringen von Mörtel in die Hohlräume zu verhindern.



**Bild 1** Vibrostein: a) Längsseite, b) Unterseite: Lochbild  
"Vibrostein": a) long side, b) bottom: hole pattern

**Tab. 1** Maße, Nettorohdichte, Brutorohdichte und Lochanteil der Vibrosteine  
Dimensions, net density, gross density and percentage of holes of the "Vibrosteine"

	Kleinstwert	Größtwert	Mittelwert	VK [%]
Höhe [mm]	13,5	14,9	14,2	2,3
Breite [mm]	24,7	25,4	25,1	1,3
Länge [mm]	39,0	39,5	39,1	0,3
Nettorohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	1277,9	1468,1	1366,1	3,2
Brutorohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	1084,2	1238,9	1159,7	3,2
Lochanteil [Vol.-%]	14,8	15,6	15,1	1,1

**Bild 2** Nahaufnahme des Ziegelsplittbetons  
Close-up of the brick aggregate concrete

Bei der untersuchten Vibrosteinserie wurde Portlandzement als Bindemittel und Ziegelsplitt (Korngröße: ca. 1–10 mm, vereinzelt bis zu 15 mm) sowie geringe Mengen an Quarzsand (Korngröße 0,1–0,2 mm) als Gesteinskörnung verwendet. Anhand einer mikroskopischen Bildanalyse wurde eine gute Haftung zwischen Gesteinskörnung und Bindemittel festgestellt. Des Weiteren wurden keine Rissbildungen sowie Abtrennungen erkannt. Es konnte eine hohe Makroporosität des Ziegelsplittbetons festgestellt werden und es ergibt sich, basierend auf der Bildanalyse, ein Verhältnis von Bindemittel : Gesteinskörnung : Makroporen von 27 % : 50 % : 23 % [6]. Bereits mit freiem Auge sichtbare Gefügeunterschiede der einzelnen Vibrosteine deuten auf eine große Streubreite dieses Verhältniswerts hin. Eine Nahaufnahme des Ziegelsplittbetons ist in Bild 2 zu sehen.

In Tab. 1 werden Maße, Rohdichte sowie Lochanteil der geprüften Vibrosteine wiedergegeben. Die Maße der Vibrosteine unterscheiden sich z. T. sehr deutlich. Aufgrund des Herstellungsverfahrens mittels Formen kommt es bei Breite und Länge der Vibrosteine zu einer geringeren Streuung im Vergleich zu der Steinhöhe. Die variablen Steinhöhen führen somit zwangsläufig zu einer unterschiedlichen Lagerfugendicke im Bestand.

### 2.1.2 Mörtel

In der Nachkriegszeit wurden u. a. Trassitmörtel, Kalkzementmörtel und Zementmörtel für den Mauerwerks-

bau eingesetzt [7, 8]. In der Zulassung für zementgebundene Hohlblocksteine der Ebenseer Betonwerke GmbH [8] wird eine Mindestdruckfestigkeit des verlängerten Zementmörtels von 2 N/mm<sup>2</sup> und des reinen Zementmörtels von 9 N/mm<sup>2</sup> gefordert. Daraus ergab sich für Mauerwerk aus Hohlblöcken mit Gesteinskörnung aus Ziegelsplitt (oder Hochofenschlacke mit Sand) und verlängertem Zementmörtel eine zulässige Druckspannung des Mauerwerks von 0,6 N/mm<sup>2</sup>. Für Mauerwerk aus Hohlblöcken mit Gesteinskörnung aus Kalksplitt und Zementmörtel ergab sich eine zulässige Druckspannung von 1,1 N/mm<sup>2</sup>.

Der Wasserbindemittelwert sowie der Bindemittelgehalt haben einen signifikanten Einfluss auf die Festigkeitsentwicklung des Mörtels [9, 10]. Der Wasserzementwert des Mörtels ist aufgrund des Saugvermögens der Mauersteine eine variable Größe. Er führt entsprechend den verwendeten Materialien zu einer unterschiedlichen Festigkeitsentwicklung des Mauerermörtels [11, 12] und beeinflusst dementsprechend die Festigkeitseigenschaften des Mauerwerks.

Aufgrund der damaligen stark unterschiedlichen Herstellungs- und Ausführungsqualitäten des Mörtels und aufgrund von Einflüssen aus Witterung und Raumnutzung (Feuchtigkeit etc.) über die Jahrzehnte ist damit zu rechnen, dass im Bestand eine hohe Streuung der Mörteldruckfestigkeiten wie auch ein entfestigter Mörtel durchaus zu erwarten sind.

Eine Durchführung von Mauerwerksprüfungen mit einem nachgebildeten Bestandsmörtel wäre aufgrund der unterschiedlichen Bestandsqualitäten und der möglichen entfestigten Mörtel ungünstig. Die Versuche sollen Grundlage für die Einschätzung der Tragfähigkeit des Mauerwerks bieten und sich nicht auf ein spezifisches Bestandsobjekt beziehen. Für die Prüfung der Haftscherfestigkeit sowie der Druckfestigkeit der Mauerwerksprüfkörper wurde der Mörtel Baumit Duo Light verwendet. Es handelt sich dabei um einen werkgemischten Leichtmauermörtel der Mörtelklasse M 2,5 für Putz- und Mauerwerksarbeiten [13]. Der Mörtel wurde ausgewählt, da er sehr geringe Druckfestigkeitswerte aufweist und aufgrund der spezifischen Eigenschaften des Leichtmauermörtels eine geringe Druckfestigkeit des Mauerwerks zu erwarten ist. Vor dem Hintergrund, dass im Bestand unterschiedliche Mörtelarten mit stark variieren-

**Tab. 2** Biegezug- und Druckfestigkeitswerte des Mörtels  
Flexural and compressive strength of the mortar

	Kleinstwert	Größtwert	Mittelwert	VK [%]
<b>Biegezugfestigkeit 14 d [N/mm<sup>2</sup>]</b>	0,90	1,01	0,96	4,7
<b>Biegezugfestigkeit 28 d [N/mm<sup>2</sup>]</b>	1,17	1,33	1,23	5,8
<b>Druckfestigkeit 14 d [N/mm<sup>2</sup>]</b>	2,76	2,96	2,90	2,4
<b>Druckfestigkeit 28 d [N/mm<sup>2</sup>]</b>	2,96	3,07	3,02	1,7

den Festigkeitswerten zu finden sind, schien es ungünstig, einen Bestandsmörtel für die Versuchsreihe nachzubilden. Die Bestimmung der Druck- und Biegezugfestigkeit des verwendeten Mörtels wurde gemäß ÖNORM EN 1015-11:2020 [14] durchgeführt. Die Ergebnisse der Biegezug- und Druckfestigkeit nach 14 sowie 28 d finden sich in Tab. 2.

### 3 Experimentelle Untersuchungen der Mauersteine

#### 3.1 Bestimmung der Druckfestigkeit

##### 3.1.1 Allgemeines

Die charakteristische Druckfestigkeit von Mauerwerk wird im Allgemeinen nach der in der ÖNORM EN 1996-1-1:2013 [15] angeführten Potenzfunktion in Abhängigkeit von den Einzelkomponentenfestigkeiten von Mauerstein und Mauermörtel berechnet. Die Steindruckfestigkeit hat dementsprechend einen wesentlichen Einfluss auf die Druckfestigkeit des Mauerwerks. Die Druckfestigkeit der Vibrosteine wird v. a. durch die verwendete Gesteinskörnung und deren Sieblinie, die Art und den Gehalt des Bindemittels, den Wasserzementwert sowie die Porosität beeinflusst. Der Wasserzementwert hat aufgrund des Hydrationsverhaltens des Zements einen wesentlichen Einfluss auf die Festigkeit von Beton [16]. Bei Ziegelsplittbeton wirkt sich zusätzlich der Wasserentzug durch die saugfähige Gesteinskörnung auf die Festigkeitsentwicklung aus [17].

Bei der Prüfung der Druckfestigkeit von Mauersteinen führen die Lasteinleitungsplatten zu einer Behinderung der Querdehnung des Mauersteins. Die dadurch hervorgerufene Beeinflussung des Bruchmechanismus kann zu einer Überschätzung der Mauersteindruckfestigkeit führen. Je geringer dabei die Schlankheit des Mauersteins, desto größer ist der Einfluss der Querdehnungsbehinderung auf das Ergebnis der Druckfestigkeitsprüfung. Das Versagen der Mauersteine tritt bei spröden, mineralischen Materialien in der Regel aufgrund von quer zur Belastungsrichtung auftretenden Zugspannungen ein [18].

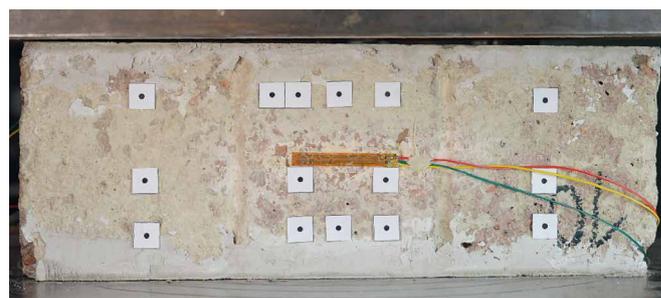
##### 3.1.2 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Die Prüfung der Druckfestigkeit wurde nach der ÖNORM EN 772-1:2015 [19] durchgeführt. Im Rahmen der Druck-

festigkeitsprüfung wurden der Elastizitätsmodul sowie der Querdehnungsmodul mitbestimmt. Die Messung der Verformungseigenschaften erfolgte mittels Videoextensometer. Am Prüfkörper wurden Messpunkte angeklebt (Bild 3), welche während der Prüfung in Echtzeit vermessen und zur Bestimmung der Verformungseigenschaften des Prüfkörpers herangezogen wurden. Ergänzend dazu wurden zwei Wegaufnehmer an der Druckprüfmaschine aufgebracht, um die Längenänderung zu messen. Bei einigen Prüfkörpern wurde die Verformung zusätzlich mit Dehnmessstreifen gemessen, die am Prüfkörper mit Klebstoff aufgebracht wurden. Dies führte jedoch zu einer lokalen Verfestigung im Bereich der Dehnmessstreifen und somit zu geringeren lokalen Verformungen, weshalb die Ergebnisse nicht zur Auswertung herangezogen wurden.

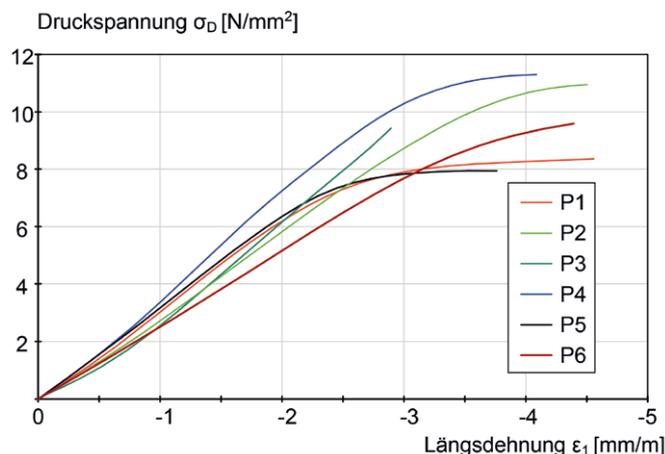
Aufgrund der geringen Schlankheit ( $h/d = 0,57$ ) und der zu erwartenden Beeinflussung durch die Reibung sowie der gegenseitigen Beeinflussung der Längs- und Querdehnung werden die Verformungseigenschaften im Folgenden nicht angeführt. Die Längs- und Querdehnung wurde dennoch mitgemessen, um Vergleichswerte für weitere Untersuchungen an anderen Vibrosteinserien zu erhalten. Prinzipiell konnte festgestellt werden, dass die mitgemessenen Verformungseigenschaften der einzelnen Prüfkörper eine größere prozentuelle Streuung als die Druckfestigkeit aufweisen.

Die Prüfung wurde bei kontinuierlicher Laststeigerung und einer Belastungsgeschwindigkeit von 6 kN/s durchgeführt. Nach Prüfungsende waren äußerlich kaum Risse oder Abplatzungen zu sehen und die Mauersteine konnten im Ganzen aus der Prüfvorrichtung genommen werden. Die Steine wurden im Anschluss in mehrere Teile geschnitten. Im Vergleich zu einem noch nicht geprüften Vibrostein wurden beim Zerschneiden der Steine v. a. im

**Bild 3** Druckfestigkeitsprüfung an Vibrosteinen (exemplarisch)  
Compressive strength test of "Vibrosteine" (exemplary)

**Tab. 3** Steindruckfestigkeit der Vibrosteine  
Compressive strength of the "Vibrosteine"

	Kleinstwert	Größtwert	Mittelwert	VK [%]
Steindruckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	8,13	11,29	9,88	9,8

**Bild 4** Spannungs-Stauchungslinien der Vibrosteine unter Druckbeanspruchung  
Stress-strain lines of the "Vibrosteine" under compressive load

Bereich der dünneren Stege kleine Risse festgestellt. Diese führten bei weiterer Auftrennung des Steins zu einem Zerfall des Gefüges in diesem Bereich. In Tab. 3 werden die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung aufgelistet. Unter Annahme einer normalverteilten Grundgesamtheit wurde der Variationskoeffizient VK [%] als Quotient aus Standardabweichung und Mittelwert berechnet.

In Bild 4 sind Spannungs-Stauchungslinien von sechs repräsentativen Prüfkörpern (P1–P6) dargestellt. Diese zeigen einen nahezu linear elastischen Anfangsbereich und eine wachsende Kurvenkrümmung bei Spannungserhöhung.

## 3.2 Bestimmung der Biegezugfestigkeit

### 3.2.1 Allgemeines

Bei vertikaler Druckbeanspruchung herrscht ein mehraxialer Spannungszustand im Mauerwerk. Die Zugfestigkeit der Mauersteine stellt in Abhängigkeit von der Mauerstein-Mauermörtel-Kombination eine wesentliche Größe für die Druckfestigkeit des Mauerwerks dar [20]. Die Zugfestigkeit der Mauersteine kann ebenfalls für den Nachweis der Biegezugfestigkeit, der Schubtragfähigkeit sowie bei Zugbeanspruchung des Mauerwerks infolge von Verformungsbehinderungen oder Lastumlagerungen maßgebend sein.

Die Prüfung der Zugfestigkeit von Mauersteinen ist mit einem sehr hohen Aufwand verbunden und es existiert derzeit kein normiertes Prüfverfahren. In vielen Fällen wird deshalb anstelle der zentrischen Zugfestigkeit die Spaltzug- oder Biegezugfestigkeit von Mauersteinen ge-

prüft. Dies geschieht bei Vollsteinen in der Regel an Probekörpern, welche am Mauerstein entnommen werden. Das Lochbild und die im Vergleich zum Porenraum und der Größe der Gesteinskörnung verhältnismäßig dünnen Stegdicken (Verhältnis Stegdicke : Größtkorn etwa 2 : 1) beeinflussen die Festigkeitseigenschaften des Hohlblocks, weshalb diese nur bedingt anhand von den aus dem Vibrostein herausgeschnittenen Kleinprüfkörpern bestimmt werden können.

### 3.3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Die Bestimmung der Biegezugfestigkeit des Ziegelsplittbetons erfolgte mittels 3-Punkt-Biegeprüfung an Prüfkörpern mit den Maßen  $3 \times 3 \times 12 \text{ cm}^3$ . Die Prismen wurden quer zur Lagerfuge aus den dickeren Stegen der Vibrosteine herausgeschnitten. Des Weiteren wurde die Biegezugfestigkeit des gesamten Steins mittels 4-Punkt-Biegeversuch durchgeführt, um die Bruchstellen des Vibrosteins zu lokalisieren und die Schwachstellen im Bereich der schmälere Stege zu verdeutlichen. Vor diesem Hintergrund wurde die Prüfung abweichend zur ÖNORM EN 772-6:2002 [21] durchgeführt. Der Abstand der Rollenaufleger entspricht nicht, wie in der Norm gefordert, der vierfachen Höhe des Prüfkörpers, sondern – aufgrund der geometrischen Gegebenheiten des Steins – etwa der zweifachen Steinhöhe.

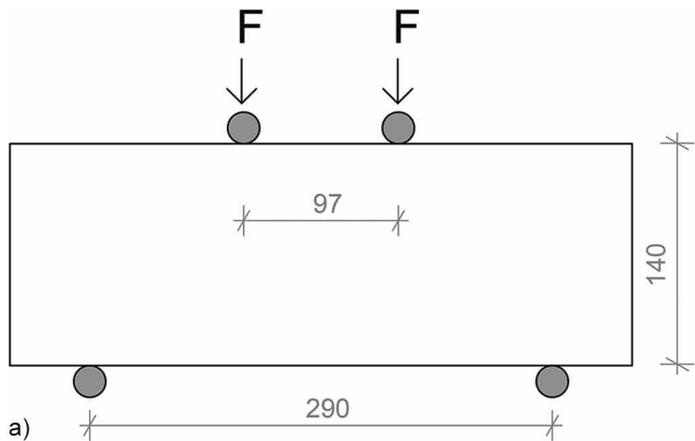
Der schematische Versuchsaufbau wird in Bild 5a dargestellt. Aus der Maximalkraft  $F$ , der Höhe  $h$  und Breite  $b$  des Mauersteins sowie der Stützweite  $l$  ergibt sich gemäß Gl. (1) die Biegezugfestigkeit  $R_{tf}$  des Probekörpers [21]:

$$R_{tf} = \frac{Fl}{bh^2} \quad (1)$$

Die Bruttoquerschnittsfläche  $A_{\text{Brutto}}$  des Vibrosteins beträgt  $350 \text{ cm}^2$ . Die Nettoquerschnittsfläche  $A_{\text{Netto}}$  wird aus der Bruttoquerschnittsfläche abzüglich des querschnittsbezogenen Lochanteils von rd. 26 % berechnet und beträgt rd.  $261 \text{ cm}^2$ .

Die Biegezugfestigkeit bezogen auf die Bruttoquerschnittsfläche der sechs getesteten Mauersteine variiert zwischen  $0,96 \text{ N/mm}^2$  und  $1,29 \text{ N/mm}^2$ . Der daraus errechnete Mittelwert beträgt  $1,08 \text{ N/mm}^2$ . Die Umrechnung auf die Nettoquerschnittsfläche ergibt einen Mittelwert der Biegezugfestigkeit von  $1,48 \text{ N/mm}^2$ . In Bild 5b ist das Bruchscheit der Biegezugprüfung exemplarisch dargestellt.

Die 3-Punkt-Biegezugprüfung wurde an 15 Prismen mit den Maßen  $3 \times 3 \times 12 \text{ cm}^3$  in Anlehnung an die ÖNORM



**Bild 5** a) Versuchsaufbau der 4-Punkt-Biegezugprüfung, b) Bruchschema (exemplarisch)  
a) Experimental setup of the 4-point flexural tensile test, b) fracture scheme (exemplary)



**Bild 6** Darstellung der 3-Punkt-Biegezugprüfung an Prismen mit den Maßen  $3 \times 3 \times 12 \text{ cm}^3$  (exemplarisch)  
Illustration of the 3-point flexural tensile test on prisms with the dimensions  $3 \times 3 \times 12 \text{ cm}^3$  (exemplary)

EN 12390-5:2019 [22] durchgeführt und ist exemplarisch in Bild 6 dargestellt. Unter Anwendung der Gleichung A.2 in [22] ergibt sich eine Biegezugfestigkeit zwischen 2,26 und  $3,0 \text{ N/mm}^2$ . Der Mittelwert beträgt  $2,53 \text{ N/mm}^2$ .

Für die Umrechnung der Biegezugfestigkeit von den kleinformatigen Prismen auf die ganzen Vibrosteine stellen neben dem Einfluss der 3-Punkt- im Vergleich zur 4-Punkt-Prüfung die Größe der Prüfkörper sowie der Einfluss des Lochbilds wesentliche Größen dar. Aufgrund der von der Norm abweichenden Versuchsdurchführung der Biegezugprüfung an den ganzen Steinen sind die Vergleichswerte lediglich als grobe Größenordnung zu verstehen und dienen der Überprüfung zur Einschätzung des Materialverhaltens in Bezug auf die von Beton und Leichtbeton bekannten Zusammenhänge. Die geringere Biegezugfestigkeit bei größeren Prüfkörpern wird zum einen auf die größere Anzahl an Fehlstellen und zum anderen auf die Beziehung zwischen Zugspannung und Rissöffnung des Betons rückgeführt. Die Biegezugfestigkeit von Betonen und Leichtbetonen ist deutlich stärker von der Prüfkörpergröße abhängig als die zentrische Zugfestigkeit oder die Druckfestigkeit [23, 24]. Bei Annahme eines Umrechnungsfaktors zwischen 1,1 und 1,3 für die 3-Punkt- auf 4-Punkt-Biegezugprüfung würde sich ein Formfaktor zwischen 1,3 und 1,55 für die Umrechnung der Biegezugfestig-

keit der Prismen auf die Biegezugfestigkeit des gesamten Mauersteins, bezogen auf die Nettoquerschnittsfläche, ergeben. In der Literatur kann eine ähnliche Tendenz für die Umrechnungsfaktoren von Leichtbetonen gefunden werden [23, 24]. Bei der Umrechnung blieb der Einfluss des Lochbilds unberücksichtigt, weshalb dieser Ansatz lediglich als grobe Einschätzung bzw. Überprüfung der Festigkeitswerte zu verstehen ist. Für eine genaue Bestimmung der Umrechnungsfaktoren wären weitere normgerechte Versuchsreihen durch bspw. die Prüfung des in der Höhe halbierten Vibrosteins notwendig.

Nach DIN EN 1990-1-1/NA:2012 [25] darf für den Nachweis des Steinzugversagens die rechnerische Steinzugfestigkeit  $f_{bt,cal}$  für Hohlblocksteine aus der umgerechneten mittleren Steinfestigkeit  $f_{st}$  nach folgender Gl. (2) ermittelt werden:

$$f_{bt,cal} = 0,020 \times f_{st} \quad (2)$$

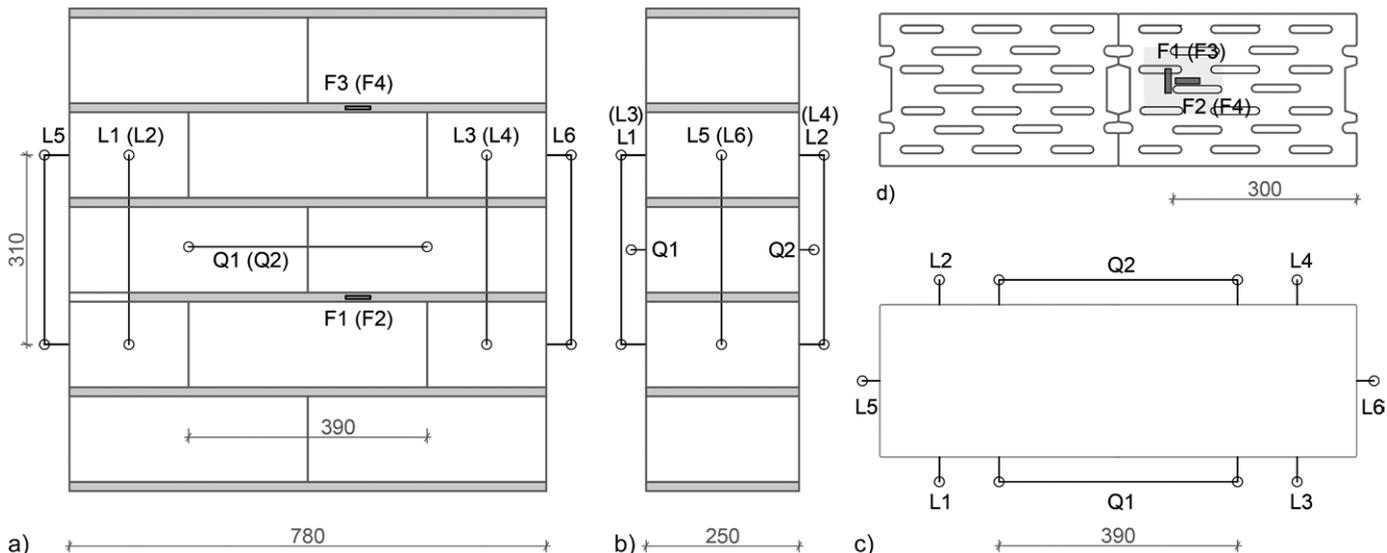
Daraus ergibt sich eine rechnerische Steinzugfestigkeit von  $0,2 \text{ N/mm}^2$ . Dieser Wert scheint für die untersuchten Vibrosteine auf der sicheren Seite zu liegen, da die für Beton geltende Beziehung von Biegezug- zu Zugfestigkeit nach ÖNORM EN 1992-1-1:2015 [26] eine mittlere rechnerische Zugfestigkeit  $f_{ctm}$  von  $0,74 \text{ N/mm}^2$  bezogen auf die Bruttoquerschnittsfläche ergeben würde und somit deutlich über dem Wert von  $0,2 \text{ N/mm}^2$  liegt.

## 4 Experimentelle Untersuchungen des Mauerwerks

### 4.1 Bestimmung der Druckfestigkeit, des Elastizitätsmoduls, der Querdehnung und der Fugendehnung

#### 4.1.1 Allgemeines

Die Druckfestigkeit von Mauerwerk kann entweder rechnerisch aus den Komponentenfestigkeiten von Mauerwerk und Mauerstein bestimmt oder aus experimentellen Versuchen an Mauerwerkprüfkörpern abgeleitet werden. Da die Druckfestigkeit des Mauerwerks nicht nur von den Festigkeitseigenschaften, sondern auch von



**Bild 7** Schematischer Versuchsaufbau: a) Ansicht Längsseite, b) Ansicht Stirnseite, c) Draufsicht, d) Lage der DMS in den Mörtelfugen  
 Schematic experimental setup: a) view of the long side, b) view of the front side, c) top view, d) position of the strain gauges in the mortar joints

den Verformungseigenschaften und den unterschiedlichen Materialkombinationen der Ausgangsmaterialien abhängt, bildet der rechnerische Berechnungsansatz nicht alle Stein-Mörtel-Kombinationen gleich gut ab und ist nur als grobe Annäherung zu verstehen. Gerade bei unüblichen Kombinationen der Ausgangsstoffe ist eine experimentelle Ermittlung der Druckfestigkeit des Mauerwerks zu empfehlen.

#### 4.1.2 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Die Druckfestigkeit der Mauerwerkprüfkörper wurde nach ÖNORM EN 1052-1:1999 [27] an insgesamt vier RILEM-Pfeilern bestimmt, welche mit den in Abschn. 2.1 beschriebenen Materialien hergestellt wurden. Es wurde darauf geachtet, dass ausschließlich sichtbar intakte Vibrosteine für den Pfeileraufbau verwendet wurden, um den Einfluss von Unregelmäßigkeiten im Mauerwerkgefüge möglichst zu reduzieren. Die Stoßfugen wurden, bis auf die mit Mörtel verfüllten innenliegenden „Mörteltaschen“, nicht vermörtelt, um die vorhandene Konstruktionsweise zu rekonstruieren. Die Dicke der Lagerfugen betrug 15 mm, was ebenfalls der Lagerfugendicke im Bestand entspricht. Es ist jedoch anzumerken, dass die Lagerfugendicke im Bestand aufgrund der unterschiedlichen Mauersteinhöhe und der z. T. ungenauen Ausführung sehr stark variiert. Die Längsdehnung wurde an

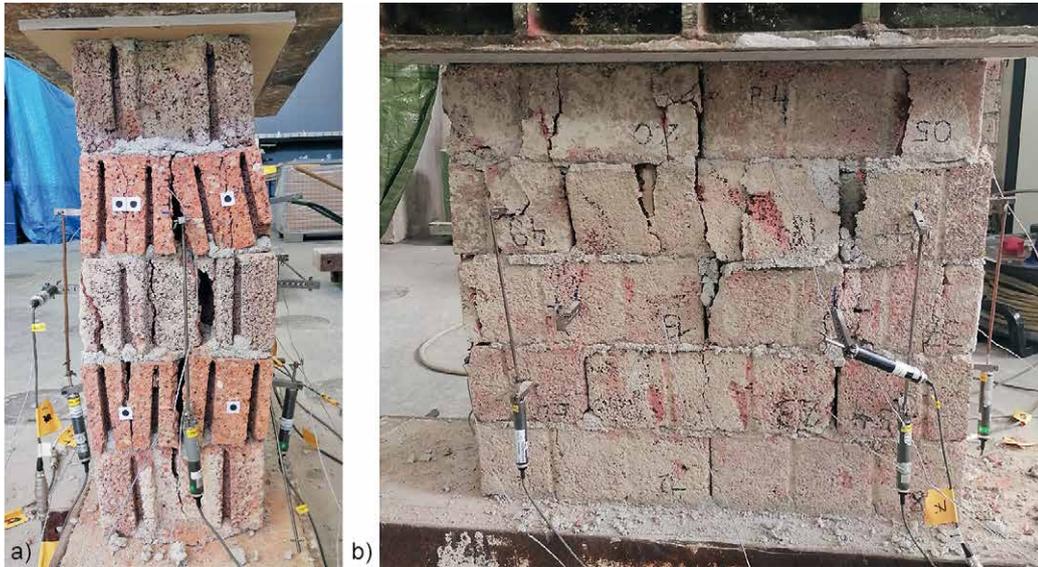
allen vier Seiten und die Querdehnung an den beiden Längsseiten mittels induktiver Wegaufnehmer gemessen. Zusätzlich wurde die Verformung in den Mörtelfugen mittels eingelegter Dehnmessstreifen in Längs- und Querrichtung (F1–F4) gemessen (Bild 7d). Der Pfeileraufbau ist gemeinsam mit der verwendeten Messtechnik schematisch in Bild 7 dargestellt.

Die Prüfkörper wurden mit einer Geschwindigkeit von 500 N/s kontinuierlich bis zum Bruch belastet. Das Versagen des Pfeilers trat durch Steinzugversagen aufgrund der Überschreitung der Querspannungen des Mauersteins auf. Die hierfür typischen Schadensbilder sind in Bild 8 dargestellt. Kurz vor Erreichen der Höchstlast kam es zu Abplatzungen an den Außenstegen der Vibrosteine (Bild 8b).

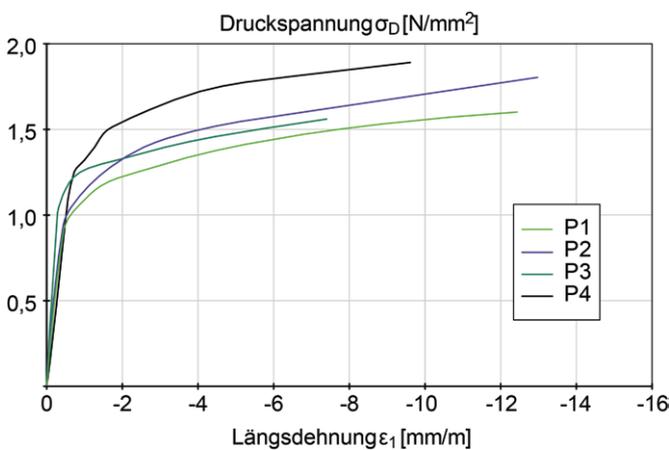
Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen werden in Tab. 4 zusammengefasst. Die charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks ergibt sich nach ÖNORM EN 1052-1:1999 [27] entweder aus dem kleinsten Wert der Druckfestigkeit eines einzelnen Mauerwerkprüfkörpers  $f_i$  oder der mittleren Druckfestigkeit des Mauerwerks  $f$  dividiert durch 1,2, wobei der größere Wert maßgebend ist. Die charakteristische Druckfestigkeit der geprüften Mauerwerkpfeiler beträgt demnach 1,90 N/mm<sup>2</sup>. Das Spannungs-Stauchungsverhalten wurde in Bild 9 dargestellt und ergibt sich aus den Mittelwerten der Mess-

**Tab. 4** Mauerwerkpfeiler: Druckfestigkeit, Elastizitätsmodul, Querdehnungsmodul, Fugendehnung längs und Fugendehnung quer  
 Masonry pillars: compressive strength, modulus of elasticity, modulus of transverse elongation, joint expansion along and across

	Kleinstwert	Größtwert	Mittelwert	VK [%]
<b>Druckfestigkeit <math>f_i</math> [N/mm<sup>2</sup>]</b>	1,90	2,35	2,15	9,4
<b>Elastizitätsmodul bei 1/3 der Höchstlast [N/mm<sup>2</sup>]</b>	2315	4277	3018	25,1
<b>Querdehnungsmodul bei 2/3 der Höchstlast [N/mm<sup>2</sup>]</b>	6194	8768	7751	14,4
<b>Fugendehnung längs bei 1/3 der Höchstlast</b>	1440	4279	3129	38,8
<b>Fugendehnung quer bei 1/3 der Höchstlast</b>	1965	4827	3559	34,17

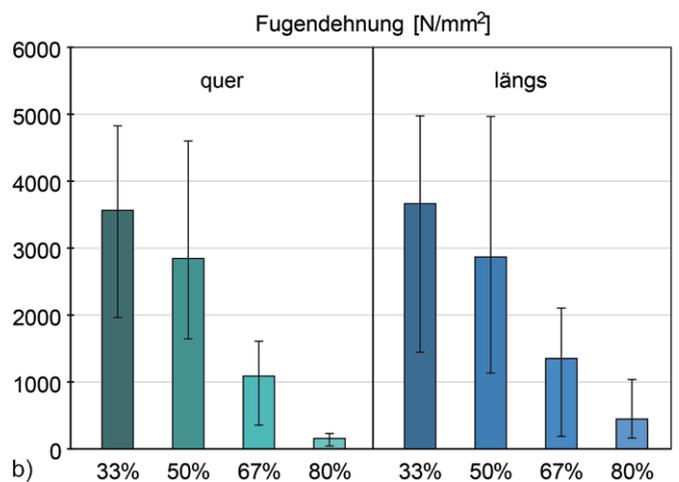
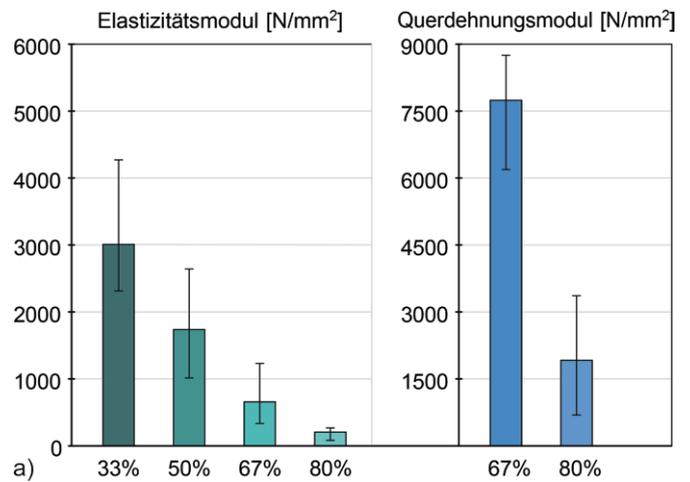


**Bild 8** Bruchbilder der Mauerwerkspfeiler (exemplarisch): a) Stirnseite (L5) und b) Längsseite (L3, L4)  
Fracture patterns of the masonry pillar (exemplary): a) front side (P5) and b) long side (P3, P4)



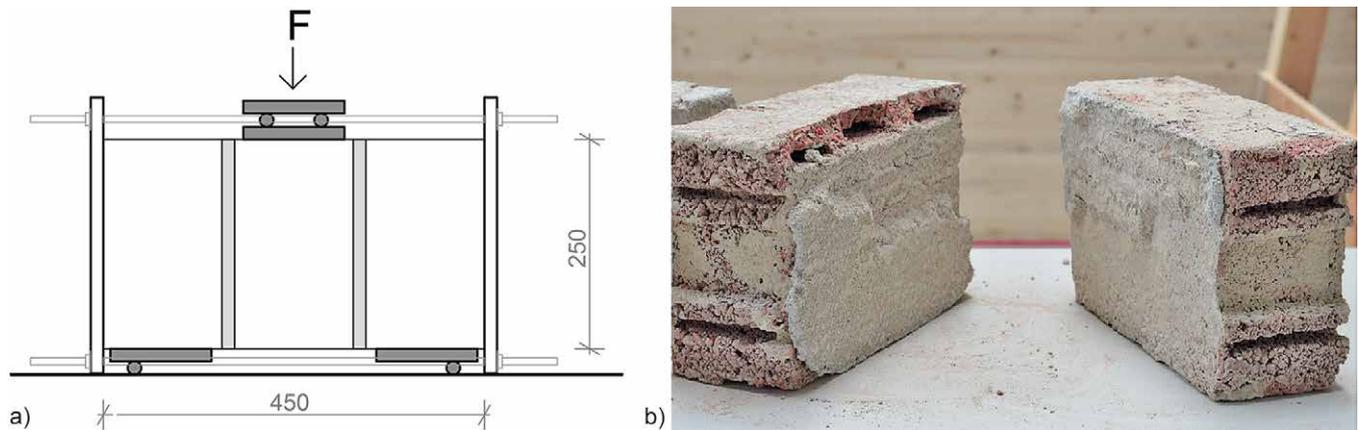
**Bild 9** Spannungs-Stauchungslinien der Druckversuche an Mauerwerkspfeilern  
Stress-strain lines of the compression tests on masonry pillars

werte aller vier Seiten (L1–L6). Bei allen Prüfkörpern kündigte sich der Bruch bei 80–95 % der erreichten Höchstlast durch auftretende Risse bzw. lokales Versagen der Stege im Außenbereich an. Der Elastizitätsmodul wurde als Sekantenmodul bei 1/3 der Höchstspannung ausgewertet und wird zusätzlich bei den Laststufen von 33 %, 50 %, 67 % und 80 % der Höchstlast in Bild 10a angeführt. Die Wegaufnehmer (L1–L6, Q1, Q2) lieferten ab rd. 80 % der Höchstlast aufgrund von lokalen Ausbrüchen/Lockerungen im Befestigungsbereich keine brauchbaren Messwerte. Die Spannungs-Stauchungslinien werden deshalb ausschließlich bis zu 80 % der Höchstlast dargestellt (Bild 9). Die Querdehnung konnte mittels der verwendeten Messtechnik (Q1, Q2) erst ab ca. 50–65 % der Höchstlast erfasst werden. Der Querdehnungsmodul wird deshalb in Bild 10a bei 67 % und 80 % der Höchstlast angegeben. Die Verformung der Lagerfugen senkrecht zur Belastungsrichtung wächst bei zunehmender Laststeigerung annähernd proportional zur Längs- und Querverformung des Mauerwerks. Die Fugendehnung



**Bild 10** a) Elastizitätsmodul, Querdehnungsmodul und b) Fugendehnung bei unterschiedlichen Lastniveaus (33 %, 50 %, 67 %, 80 % der Höchstlast)  
a) Modulus of elasticity, modulus of transverse elongation and b) joint expansion at different load levels (33 %, 50 %, 67 %, 80 % of the maximum load)

wird als Verhältniswert zwischen Spannung und Dehnung bei 33 %, 50 %, 67 % und 80 % der Höchstlast in Bild 10b dargestellt.



**Bild 11** a) Schematischer Versuchsaufbau, b) Schubbruch im Verband zwischen Mauerstein und Mauermörtel (exemplarisch)  
 a) Schematic test setup, b) shear fracture in the bond between hollow block and mortar (exemplary)

## 4.2 Bestimmung der Haftscherfestigkeit

### 4.2.1 Allgemeines

In Mauerwerkswänden werden Biegezug- und Schubspannungen durch horizontale Einwirkungen wie Wind und Erdbeben verursacht. Um den Nachweis der Biegezug- sowie Schubfestigkeit zu führen, ist die Bestimmung der Haftscherfestigkeit (Anfangshaftscherfestigkeit) des Mauerwerks notwendig. Diese beschreibt die Verbundfestigkeit zwischen Mauerstein und Mauermörtel ohne vorhandene Auflast. Die Haftscherfestigkeit kann entweder experimentell bestimmt oder – unter der Voraussetzung, dass der verwendete Normalmörtel keine Zusatzmittel oder Zusatzstoffe beinhaltet – den Werten in der ÖNORM EN 1996-1-1:2013 [15] entnommen werden. Diese sind abhängig von der Mauersteinart sowie der verwendeten Mörtelart bzw. Mörtelklasse und decken nicht alle Mauerstein-Mauermörtel-Kombinationen bzw. Festigkeitsklassen ab. Zur Ermittlung der Haftscherfestigkeit des Bestandsmauerwerks, besonders bei unüblichen Kombinationen von Mauerstein und Mauermörtel, ist die Auswertung von Versuchsergebnissen jedenfalls vorzuziehen.

### 4.2.2 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Die Ermittlung der Anfangshaftscherfestigkeit erfolgte in Anlehnung an die ÖNORM EN 1052-3:2007 [28] an drei Probekörpern. Die Lagerfugen wurden, wie bei den Pfeilerversuchen, in einer durchschnittlichen Dicke von 15 mm hergestellt. Der Versuchsaufbau wird schematisch in

Bild 11a dargestellt. Die Krafteinleitung erfolgte kontinuierlich mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 200 N/s. Die Scherfestigkeit der Einzelproben wurde entsprechend nachstehender Gl. (3) bestimmt [17].

$$f_{\text{voi}} = \frac{F_{i,\text{max}}}{2 A_i} \quad (3)$$

Zwei Prüfkörper versagten durch Schubbruch im Verband zwischen Mauerstein und Mörtel (Bild 11b). Ein Prüfkörper versagte zusätzlich durch Zerbrechen eines Mauersteins.

Der charakteristische Wert der Anfangsscherfestigkeit entspricht nach ÖNORM EN 1052-3:2007 [27] dem kleinsten Einzelergebnis der Prüferserie und beträgt somit 0,12 N/mm<sup>2</sup> bezogen auf die Bruttofläche des Vibrosteins. Bei den weiteren Probekörpern wurde eine Haftscherfestigkeit der Einzelprobe  $f_{\text{voi}}$  von 0,17 N/mm<sup>2</sup> und 0,18 N/mm<sup>2</sup> erreicht. Die Auswertung der charakteristischen Werte von Versuchsreihen nach [29] ergibt unter Berücksichtigung der Anzahl an Prüfwerten und der resultierenden Standardabweichung einen Wert von 0,05 N/mm<sup>2</sup> (Tab. 5). Um einen repräsentativen charakteristischen Wert zu erhalten, wäre die Durchführung von weiteren Prüfreiheiten erforderlich. Die ÖNORM EN 1996-1-1:2013 [15] gibt in Tabelle 3.4. die Anfangshaftscherfestigkeit  $f_{\text{vk0}}$  von Mauerwerk, unabhängig von der Mauersteinart, bei Verwendung von Leichtmörtel mit 0,15 N/mm<sup>2</sup> an. Der Ansatz dieses Werts würde in den weiteren Berechnungen die Schub- bzw. Biegezugfestigkeit des Mauerwerks aus Vibrosteinen überschätzen,

**Tab. 5** Probenanzahl  $n$ , Mittelwert und charakteristische Werte der experimentellen Materialprüfungen  
 Number of samples  $n$ , mean value and characteristic values of the experimental material tests

	$n$	Mittelwert	char. Werte nach [29]
Druckfestigkeit Vibrostein [N/mm <sup>2</sup> ]	12	9,88	7,80
Biegezugfestigkeit Vibrostein [N/mm <sup>2</sup> ]	6	1,52	1,16
Biegezugfestigkeit Ziegelsplittbeton (3 × 3 × 12 cm <sup>3</sup> ) [N/mm <sup>2</sup> ]	15	2,53	2,04
Druckfestigkeit RILEM-Pfeiler [N/mm <sup>2</sup> ]	4	2,15	1,54
Haftscherfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	3	0,16	0,05

weshalb die Verwendung von versuchsbasierten Werten zu bevorzugen ist.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen werden in Tab. 5 zusammengefasst. Die statistische Bestimmung der charakteristischen Werte der Versuchsreihen erfolgte nach ÖNORM EN 1990:2013, Anhang D.7.2. Die Versuchsreihen wurden auf die Normalverteilung geprüft und mittels der Gleichungen D.1–D.3 in [29], unter Anwendung des Bayesschen Verfahrens, ausgewertet.

Die vorliegende Arbeit gibt Aufschluss über die charakteristischen Materialeigenschaften der geprüften Serie von Vibrosteinen. Die Versuchsergebnisse bieten eine Grundlage für die Einschätzung der Tragfähigkeit des Mauerwerks aus Ziegelsplitt-Hohlblocksteinen der Nachkriegszeit. Bei den unterschiedlichen Versuchsserien konnten keine großen Streuungen der Prüfwerte festgestellt werden, obwohl dies aufgrund des Herstellungsverfahrens

und der Materialzusammensetzung der Hohlblocksteine aus Ziegelsplittbeton sowie vor dem Hintergrund, dass die geprüften Vibrosteine dem Bestand entnommen wurden, zu erwarten gewesen wäre. Nachdem das Versuchsprogramm mit einer beschränkten Anzahl an zur Verfügung stehenden Mauersteinen durchgeführt wurde, wären weitere Versuchsreihen wünschenswert, um die Ergebnisse gegenüberzustellen und weitere Erkenntnisse zu erlangen. Des Weiteren könnten numerische Berechnungen wichtige Hilfestellungen bei der Bewertung der Mauerwerksgüte bieten und den Einfluss der veränderlichen Materialparameter von Mauerstein und Mauermörtel auf das Tragverhalten des Mauerwerks aufzeigen.

## Dank

An dieser Stelle möchten die Autoren der Wiener Wohnbauforschung für die Förderung des Versuchsprogramms sowie der Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle (MA 39) der Stadt Wien für die Versuchsabwicklung danken.

## Literatur

- [1] Soretz, S. (1946) *Fragen, Probleme und Bauweisen bei Verwendung von Ziegelbruchbeton*. Der Aufbau – Monatschrift für den Wiederaufbau 1, S. 209–213.
- [2] Pecht, A. (1947) *Das Problem der Schuttverwertung*. Der Aufbau – Monatschrift für den Wiederaufbau 2, S. 183–192.
- [3] Stadt Wien – Wiener Wohnen (2021) *Gemeindebaubeschreibungen* [online]. Wien: Stadt Wien – Wiener Wohnen. <https://www.wienerwohnen.at/wiener-gemeindebau/gemeindebaubeschreibungen> [Zugriff am: 16. Juni 2021]
- [4] Treberspurg, M. et al. (2017) *Attic Adapt 2050 – Ein systematischer Ansatz für Dachgeschosßausbauten in Holzbaweise. Weiterbauen! Nachverdichten des Gebäudebestandes der Nachkriegszeit (1950–1970) am Beispiel der Wohnhausanlagen der Gemeinde Wien*. Wien: Arbeitsgruppe ressourcenorientiertes Bauen – Institut für Konstruktiven Ingenieurbaubau – Universität für Bodenkultur Wien; alpS GmbH.
- [5] MA 39 Prüf- Inspektions- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien (2019) *Vibrosteine Dokumentation Entnahme*. Wien. Internes Dokument.
- [6] Bundesdenkmalamt – Abteilung für Konservierung und Restaurierung Referat Naturwissenschaftliches Labor (2020) *Laborbericht*. Wien. Internes Dokument.
- [7] Misterka, E. (1951) *Die Durchführung des Schnellbauprogramms der Gemeinde Wien*. Der Aufbau – Monatschrift für den Wiederaufbau 6, S. 313–320.
- [8] Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 35 (1953) *Bescheid über die Vorläufige Zulassung der Ebenseer-Schnellbausteine an die Ebenseer-Betonwerke GmbH*.
- [9] Schäfer, J.; Hilsdorf, H. K. (1990) *Der Mörtel in historischem Mauerwerk* in: Wenzel, F. [Hrsg.] *Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke. Jahrbuch 1989*. Berlin: Ernst & Sohn, S. 63–71.
- [10] Graf, T. (2003) *Die wichtigsten Baustoffe des Hoch- und Tiefbaus*. Berlin: Walter de Gruyter & CO.
- [11] Riechers, H.-J. (2000) *Ein neues Modell zur Beschreibung der Festigkeitsentwicklung von Mauermörtel in der Fuge* [Dissertation]. Schriftenreihe Aachener Beiträge zur Bau-
- forschung, Nr. 10, Institut für Bauforschung der RWTH Aachen.
- [12] Graubohm, M. (2018) *Einfluss des Kontaktes zwischen Mauerstein und Mauermörtel auf das Drucktragverhalten von Mauerwerk* [Dissertation]. RWTH Aachen.
- [13] Baumit GmbH (2021) *Baumit DuoLight Mörtel – Produktdatenblatt (12/2020)* [online]. Waldegg: Baumit GmbH. [https://baumit.at/files/at/pdf\\_files/pds\\_9535\\_duolight\\_\\_duolight\\_mrte\\_at.pdf](https://baumit.at/files/at/pdf_files/pds_9535_duolight__duolight_mrte_at.pdf) [Zugriff am: 14. Juli 2021]
- [14] ÖNORM EN 1015-11:2020-01 (2020) *Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk – Teil 11: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel*. Austrian Standards, Wien.
- [15] ÖNORM EN 1996-1-1:2013-01 (2013) *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*. Austrian Standards, Wien.
- [16] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2002) *Zement Taschenbuch*. 50. Ausgabe. Düsseldorf: Verlag Bau+Technik.
- [17] Schulz, R.-R.; Wesche, K. (1986) *Recycling von Baurestmassen – Ein Beitrag zur Kostendämpfung im Bauwesen*. F 2051. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- [18] Wesche, K. (1996) *Baustoffe für tragende Bauteile. Band 1: Grundlagen: Baustoffkenngrößen, Meß- und Prüftechnik, Statistik und Qualitätssicherung*. 3. Aufl. Wiesbaden: Bauverlag.
- [19] ÖNORM EN 772-1:2015-12 (2015) *Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit*. Austrian Standards, Wien.
- [20] Schubert, P. (2010) *Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen, Mauermörtel und Putzen* in: Jäger, W. [Hrsg.] (2010) *Mauerwerk-Kalender 2010*. Berlin: Ernst & Sohn, S. 3–25.
- [21] ÖNORM EN 772-6:2002-02 (2002) *Prüfverfahren für Mauersteine – Teil 6: Bestimmung der Beigezugfestigkeit von Mauersteinen aus Beton*. Austrian Standards, Wien.

- [22] ÖNORM EN 12390-5:2019-10 (2019) *Prüfung von Festbeton – Teil 5: Biegezugfestigkeit von Probekörpern*. Austrian Standards, Wien.
- [23] Faust, T. (2003) *Leichtbeton im Konstruktiven Ingenieurbau*. Berlin: Ernst & Sohn.
- [24] Leufgens, N. (2010) *Mechanische und Thermische Untersuchungen zur Entwicklung eines Wärmedämmsteines aus Leichtbeton* [Dissertation]. Universität Luxemburg.
- [25] DIN EN 1990-1-1/NA:2012-05 (2012) *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*. Berlin: Beuth. Ausgabe Mai 2012.
- [26] ÖNORM EN 1992-1-1:2015-02 (2015) *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Austrian Standards, Wien.
- [27] ÖNORM EN 1052-1:1999-01 (1999) *Prüfverfahren für Mauerwerk: Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit*. Austrian Standards, Wien.
- [28] ÖNORM EN 1052-3:2007-06 (2007) *Prüfverfahren für Mauerwerk – Teil 3: Bestimmung der Anfangshaftscherfestigkeit (Haftscherfestigkeit)*. Austrian Standards, Wien.
- [29] ÖNORM EN 1990:2013-03 (2013) *Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung*. Austrian Standards, Wien.

#### Autorin und Autoren

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Verena Hammerschmidt, B.Sc. (Korrespondenzautorin)  
verena.hammerschmidt@tuwien.ac.at  
Technische Universität Wien  
Institut für Hochbau, Baudynamik und Gebäudetechnik  
Karlsplatz 13/E208-02  
1040 Wien, Österreich

Dipl.-Ing. Georg Pommer  
georg.pommer@wien.gv.at  
Stadt Wien – Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle (MA 39)  
Rinnböckstraße 15  
1110 Wien, Österreich

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Kolbitsch  
andreas.kolbitsch@tuwien.ac.at  
Technische Universität Wien  
Institut für Hochbau, Baudynamik und Gebäudetechnik  
Karlsplatz 13/E208-02  
1040 Wien, Österreich

#### Zitieren Sie diesen Beitrag

Hammerschmidt, V.; Pommer, G.; Kolbitsch, A. (2022) *Experimentelle Untersuchungen von Mauerwerk aus Ziegelsplittbeton-Hohlblocksteinen der Nachkriegszeit*. Mauerwerk 26, H. 2, S. 49–59.  
<https://doi.org/10.1002/dama.202100008>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.  
Eingereicht: 19. August 2021; angenommen: 13. April 2022.

#### Zum Titelbild

Bis Ende der 1960er Jahre wurde der Rohbau der kommunalen Wiener Wohnbauten mit Recyclingmaterial in Form von Vibrostainen, hergestellt aus Abbruchziegel und Bombenschutt, errichtet. Die Decken wurden mit der Sparvariante der Ast-Molin-Bauweise ausgeführt. Aus statischen Gründen wurden das Erdgeschoß und die Wandscheiben der Stiegenhauswände mit aufbereiteten Normalformatziegel (beide Formate) aus Abbruchobjekten des Wiederaufbaus gemauert. Das Titelbild aus dem Jahr 1967 zeigt als typisches Beispiel den Gemeindebau in Wien 13., Hummelgasse 56-64. Baujahr: 1966-1968, Architekt: Josef Ludwig Kalbac (1902-1980).

(Bildnachweis: TOAR Ing. Erich Pommer)