

KURZBERICHT

Titel: OptiHaP

Umsetzung einer optimierten Prüfung der Haftscherfestigkeit im Mauerwerksbau in Anlehnung an das bisherige europäische Prüfverfahren nach DIN EN 1052-3

Az.: SWD-10.08.18.7-16.43

Anlass/ Ausgangslage

Mit dem Übergang auf die europäischen Prüfnormen wird die Haftscherfestigkeit nach DIN EN 1052-3 geprüft. Die damit erreichbaren Werte sind etwa um die Hälfte geringer als nach dem bisherigen deutschen Prüfverfahren nach DIN 18555-5. Die Ursachen dafür konnten bisher nicht geklärt werden. Es war im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ein geeigneter Versuchsaufbau in Anlehnung an das europäische Prüfverfahren zu testen und weiter zu optimieren.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Am Anfang der Forschungen stand eine umfassende Analyse des neuen europäischen Prüfverfahrens nach DIN EN 1052-3 und ein Vergleich mit dem bisherigen deutschen Verfahren nach DIN 18555-5. In der Folge dieser Analysen ist festgestellt worden, dass in dem Versuchsaufbau erhebliche Biegemomente auftreten, die das Ergebnis verfälschen. Es tritt keine reine Scherbeanspruchung auf. Der Prüfkörper reißt dort, wo Biegezugspannungen auftreten auf, weshalb sich die Prüffläche in der Fuge verkleinert und damit auch das Prüfergebnis der Haftscherfestigkeit reduziert. Der zu Beginn des Vorhabens vorgeschlagene Versuchsaufbau mit minimaler Veränderung der Lasteinleitung konnte das Problem nicht lösen. Das Biegemoment war auf diese Weise allein nicht zu eliminieren und es musste bei dem Prüfverfahren ohne Seitenlast zusätzlich das Entstehen einer kinematischen Kette festgestellt werden. Ein diesen beiden Phänomenen entgegen wirkendes Geschirr um den Prüfkörper herum konnte das Auseinanderrollen der Steine im Bruchvorgang verhindern, war jedoch von der Steifigkeit her zu gering ausgelegt, um eine statisch unbestimmte Verschiebung des Biegemomenteneinflusses in das Geschirr erreichen zu können. Bei dem Verfahren mit Seitenlast war festgestellt worden, dass i.d.R. die unteren Seitenlaststufen zu gering sind, um den Biegeeinfluss zu überdrücken. Erst bei vollständiger Überdrückung kann mit einer Ausgleichsgeraden die Haftscherfestigkeit extrapoliert werden.

Bei den umfangreichen FEM-Analysen wurde festgestellt, dass die Art der Lagerung und der Einleitung der Seitenlasten einen erheblichen Einfluss auf die Prüfergebnisse hat.

Nach den theoretischen Überlegungen sind dann mechanisch und experimentell

- das Verfahren A nach DIN EN 1052-3 mit Seitenlasten ab der Überdrückung der Biegespannungen
und

- das Verfahren B mit beidseits aufgeklebten Stahlplatten sowohl mechanisch als auch experimentell weiter verfolgt worden.

Für das Verfahren A mit Seitenlasten ab der Überdrückung der Biegezugspannungen wurden sowohl mit Hand als auch mittels FEM die erforderlichen Seitenlasten errechnet. Das Problem stellte sich dann aber auch als etwas unscharf heraus, weil davon auszugehen ist, dass die Fuge tatsächlich auch Zugspannungen in begrenztem Maße übertragen kann. Die Haftzugspannungen sind jedoch bei den experimentellen Untersuchungen nicht mit geprüft worden.

Der Nachteil bei dem Verfahren A ist, dass bei hohen Haftscherfestigkeiten hohe Seitenlasten erforderlich sind, die ggf. vom Stein nicht mehr getragen werden können. Im Bereich des Überganges vom Nichtüberdrückten zum Überdrückten kann es weiter zu stärkeren Streuungen des Prüfergebnisses kommen, die mikromechanisch begründbar sind.

Das Verfahren B wurde mit den seitlich aufgeklebten Stahlplatten mit einer Handrechnung und mit einer FEM Rechnung verifiziert. Es erfolgte die Auswahl eines geeigneten Klebers, der einen Bruch zwischen Klebefläche und Stein vor dem Bruch der Mörtelfuge ausschließt.

Beide modifizierte Verfahren wurden experimentell an ausgewählten Stein-Mörtel-Kombinationen erprobt. Die dabei erzielten Werte für die Haftscherfestigkeit lagen in der Größenordnung der aus der Literatur bekannten Erwartungswerte, die auf dem alten deutschen Prüfverfahren beruhen.

Der Versuchsaufbau B ohne Seitenlast ist äußerst anfällig, was den Einbau der Prüfkörper und die Durchführung anbetrifft. Sie schwanken stark von Versuchsserie zu Versuchsserie und auch innerhalb dieser. Mit dem modifizierten Aufbau mit den aufgeklebten Stahlplatten lassen sich die Unterschiede zwischen den Versuchsserien reduzieren, weil die Prüfkörper über die Stahlplatten sicher eingefasst sind. Des Weiteren kann dadurch die Streuung der Versuchswerte erheblich verringert werden.

Mit den Versuchen konnte gezeigt werden, dass die Durchführung der Prüfung praktikabel ist. Bei Verfahren A ist lediglich eine Ermittlung der erforderlichen Seitenlaststufen in Abhängigkeit von dem Erwartungswert der Haftscherfestigkeit vorzuschalten. Es ist zu prüfen, ob diese von den vorgesehenen Steinen getragen werden können. Bei Verfahren B sind die erforderlichen steifen Stahlplatten im Versuchsaufbau zu ergänzen (je Serie 12 Stück). Als Kleber wurde „Sikadur 30 Normal“ der Fa. Sika Schweiz AG, Zürich, getestet. Es handelt sich um einen 2-Komponentenkleber auf Epoxidharzbasis. Eine Entfernung des Klebers von den Stahlplatten kann einfach durch Erwärmung erfolgen, ohne dass eine weitere Nachbearbeitung der Platten erforderlich wäre.

Fazit

Mit dem Forschungsvorhaben konnten die Unterschiede zwischen dem alten Prüfverfahren nach DIN 18555-5 und dem neuen gemäß DIN EN 1052-3 nach eingehenden Untersuchungen mechanisch und experimentell erklärt werden. Die Ursache liegt in den auftretenden Biegezugspannungen, die das Ergebnis verfälschen.

Letztlich wurden folgende Modifizierungen für die Verfahren nach DIN EN 1052-3 verfolgt:

- Prüfung nach Verfahren A mit erhöhten, die Biegespannungen kompensierenden Seitenlaststufen
- Prüfung nach Verfahren B mit zwei seitlich aufgeklebten Stahlplatten

Diese wurden weiter bearbeitet und erfolgreich getestet. Die dabei experimentell erzielten Haftscherfestigkeitswerte lagen dicht beieinander und im aus der Literatur bekannten Erwartungshorizont.

Die Ergebnisse werden der Bauaufsicht und den Normungsgremien zur Verfügung gestellt, um eine Praxiseinführung in Angriff zu nehmen.

Eckdaten

Kurztitel: Optimierte Prüfung der Haftscherfestigkeit im Mauerwerksbau in Anlehnung an DIN EN 1052

Forscher / Projektleitung:

TU Dresden, LS Tragwerksplanung,

o. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger (Projektleitung)

Dipl.- Ing. (FH), Dipl.-Kfm. Maik Erler

M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Ries

Dipl.-Ing. Peter Schöps

Projektpartner und Förderer

Quick-mix Gruppe GmbH & Co. KG
Mühlenschweg 6, 49090 Osnabrück
Planungs- und Ingenieurbüro für Bauwesen Radebeul
Wichernstr. 12, 01445 Radebeul
Verband Bauen in Weiß
Hohes Steinfeld 1, 14797 Kloster Lehnin
Bundesverband Leichtbeton e.V.
Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied
Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin

Weiter wurde das Projekt unterstützt von:

Franken Maxit Mauermörtel GmbH & Co. KG
Azendorf 63, 95359 Kassendorf
Ziegelwerk Freital Eder GmbH
Wilsdruffer Straße 25, 01705 Freital

Gesamtkosten: 92.556,00 Euro

Anteil Bundeszuschuss: 47.700,00 Euro

Projektlaufzeit: 09/2016 bis 10/2018

BILDER/ABILDUNGEN

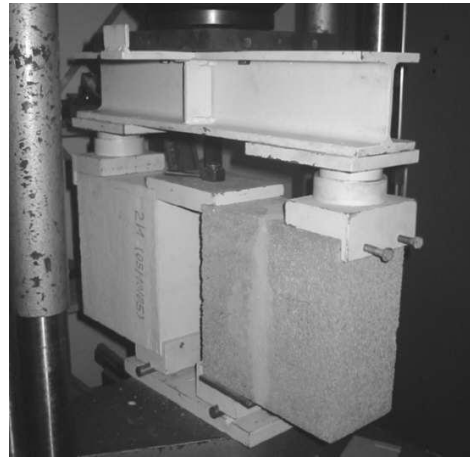
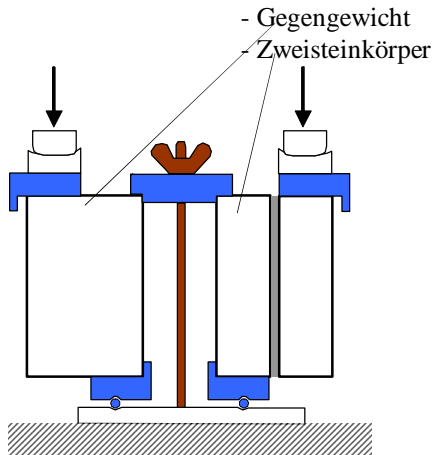
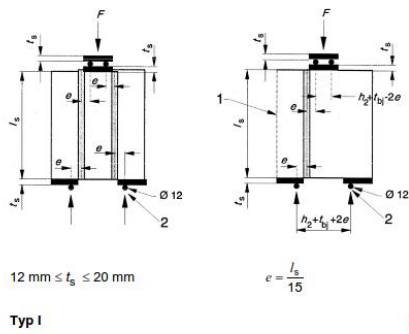


Bild 1 Versuchsaufbau für das deutsche Prüfverfahren nach DIN 18555-5



- Legende**
- 1 Sägeschnitt
 - 2 Rollenaufleger, fest oder kraftschlüssig angeordnet

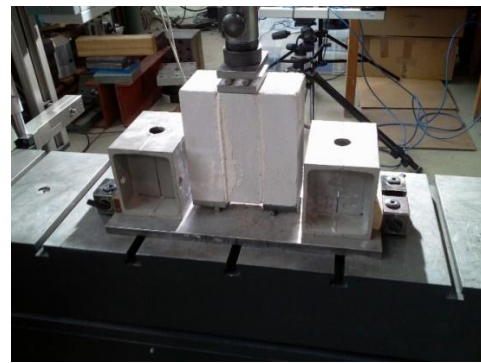


Bild 2 Versuchsaufbau europäisches Prüfverfahren B entsprechend DIN EN 1052-3

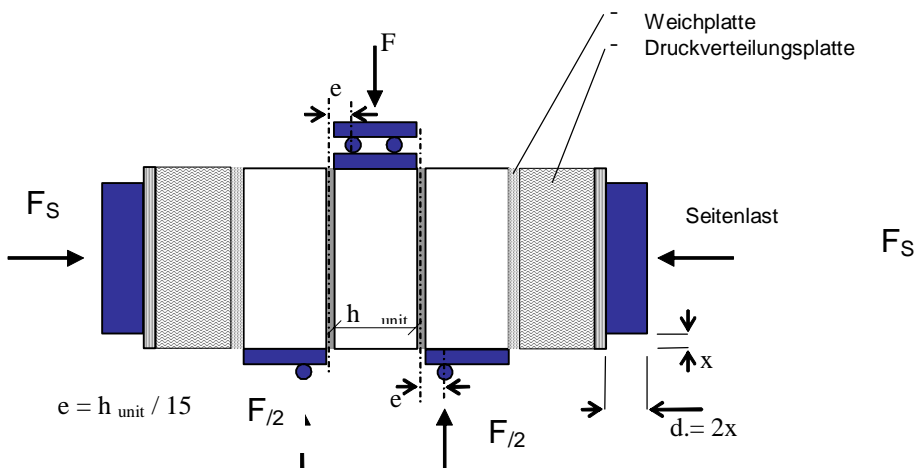


Bild 3 Versuchsaufbau europäisches Prüfverfahren A entsprechend DIN EN 1052-3

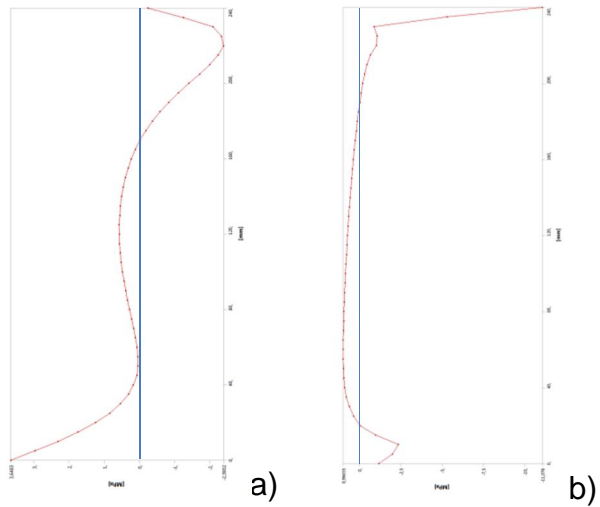
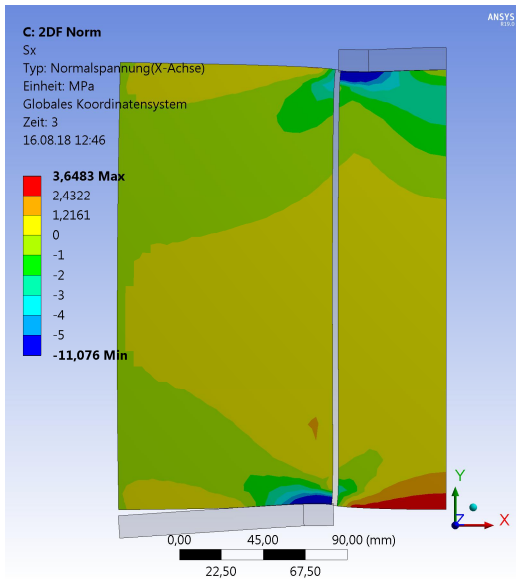


Bild 4 Ergebnis der FE-Analyse (2D) der Normalspannungen s_x ; links FE-Modell mit Spannungsverteilung; rechts Normalspannungen s_x in der Symmetrieachse ($s_{x, \max, z} = 3,65 \text{ N/mm}^2$) a) und an der Mörtelfuge ($s_{x, \max, z} = 0,97 \text{ N/mm}^2$) b) (Gesamtlast 100 kN), Rollenlagerung

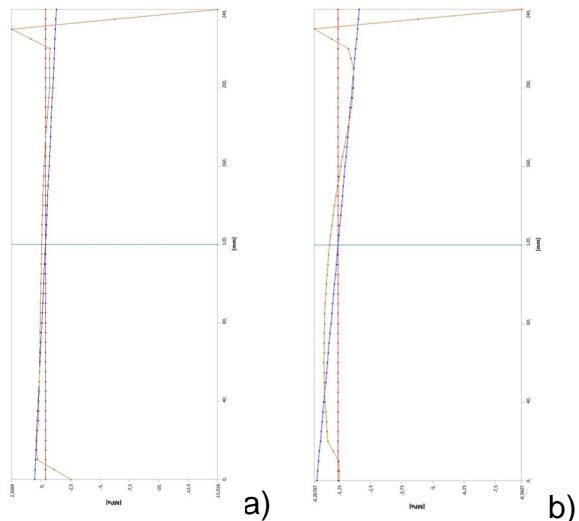
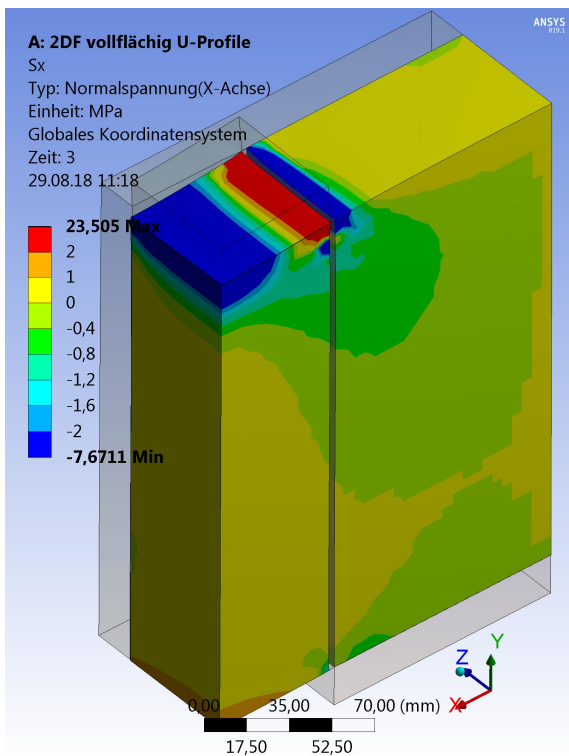


Bild 5 Ergebnis der FE-Analyse (3D) der Normalspannungen s_x ; links FE-Modell mit Spannungsverteilung; rechts Normalspannungen s_x in der Symmetrieachse a) und an der Mörtelfuge b) (Gesamtlast 100 kN), flächige Lagerung ohne Einrückung (ocker – tatsächlicher Verlauf; rot – Bezugslinie $s_m = -0,42 \text{ N/mm}^2$ bzw. $t_m = -1,24 \text{ N/mm}^2$; blau - lineare Idealisierung)

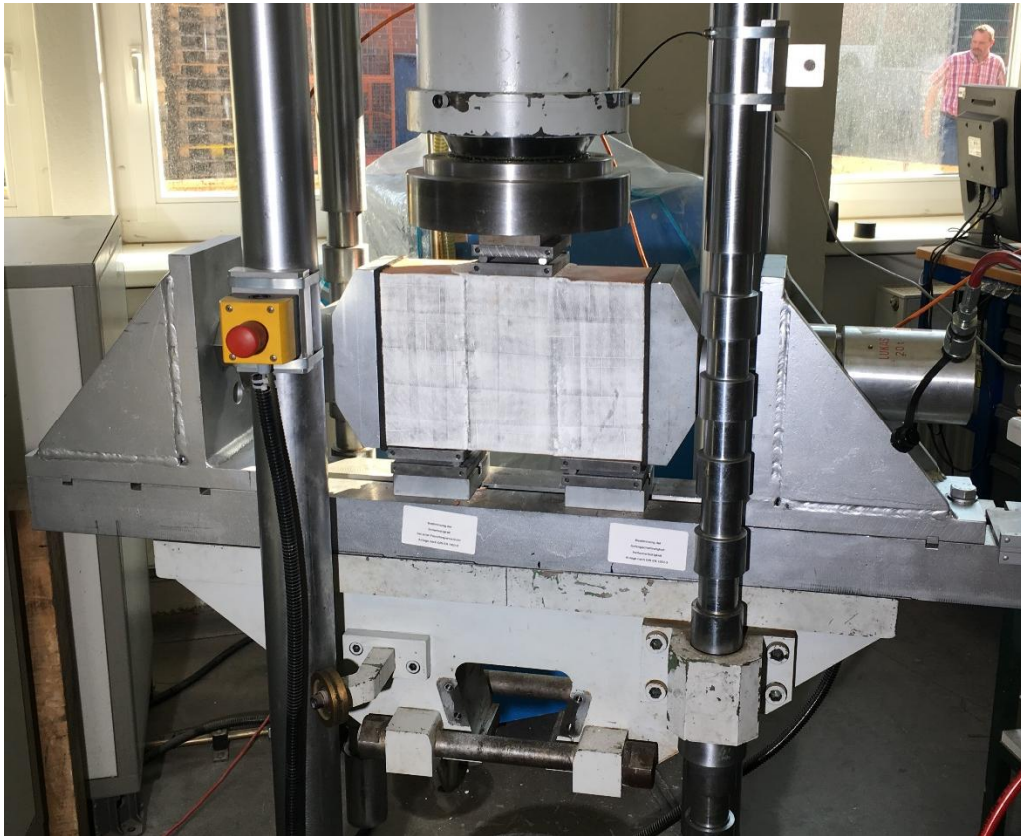


Bild 6 Dreisteinkörper 2DF mit Seitenlast in der Prüfmaschine (Verfahren A nach DIN EN 1052-3)

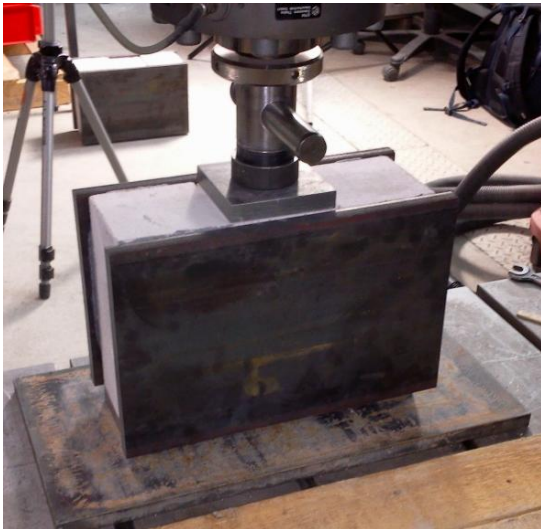


Bild 7 Modifiziertes Prüfverfahren B mit aufgeklebten Stahlplatten vor der Lasteinleitung links und nach dem Bruch rechts