

Wolfram Jäger, Raik Hartmann

**Lehmmauerwerk: Entwurfs- und
Konstruktionsgrundsätze für eine
Breitenanwendung im Wohnbau
unter Berücksichtigung klimatischer
Bedingungen gemäßiger Zonen am
Beispielstandort Deutschland**

F 3109

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0441-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



EGsL – Abschlussbericht

„Lehmmauerwerk: Entwurfs- und Konstruktionsgrundsätze für eine Breitenanwendung im Wohnbau unter Berücksichtigung klimatischer Bedingungen gemäßiger Zonen am Beispielstandort Deutschland“

Aktenzeichen: **SWD-10.08.18.7-.15.31**

Kurztitel: **EGsL**

Gefördert durch: **Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)**
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Mitfinanzierung: **Jäger und Bothe Ingenieure GmbH**
Haydnstr. 3
09119 Chemnitz
Jäger Ingenieure GmbH
Wichernstraße 12
01445 Radebeul

Auftragnehmer: **Technische Universität Dresden**
Fakultät Architektur
Lehrstuhl Tragwerksplanung
o. Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger

in Zusammenarbeit: **STERN ZÜRN ARCHITEKTEN**
Holbeinstraße 16
CH-4051 Basel
Technische Universität Dresden
Fakultät Architektur
Lehrstuhl Wohnbauten
o. Prof. Carsten Lorenzen

Projektleitung: **Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger**

Projektbearbeitung: **Dipl.-Ing. Raik Hartmann**

Datum: **28. September 2018**

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-.15.31)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Zusammenfassung

Lehmbauweisen sind weltweit die am häufigsten vorkommenden Konstruktionsarten von Wohngebäuden. Menschen wohnen seit Beginn ihrer Siedlungsgeschichte in aus Lehm errichteten Gebäuden. Mit Einzug der Industrialisierung ging eine Ära langer Lehmbautradition in Deutschland vorerst zu Ende. Seit den 1980er Jahren nehmen die Aktivitäten – Bau mit Lehm – stetig zu. Die in den 1990er Jahren eingeführten "Lehmbau-Regeln" scheinen jedoch angesichts der Erkenntnisse europäischer Nachbarstaaten und aktueller Forschungsergebnisse über die Tragfähigkeit von Lehmmauerwerk eher zu vorsichtig zu sein: modernes Lehmmauerwerk ist leistungsfähiger in Bezug auf die Standfestigkeit, vorausgesetzt, wesentliche Konstruktionsgrundsätze werden eingehalten. Gestützt durch historische Bauzeugnisse und baustatische- bzw. bauphysikalische Thesen wird davon ausgegangen, dass Lehm eine durchaus höhere Leistungsfähigkeit hat, als dem Baustoff bisher zugetraut wird.

Das moderne tragende Lehmmauerwerk ist ein Plansteinmauerwerk und besteht aus extrudierten großformatigen Plansteinen mit den Abmessungen L 30,5 cm B 24 cm breit und H 24,9 cm. Die Plansteine werden in bestehenden industriellen Ziegelfabriken hergestellt. Der Brennprozess, der den größten Energiefaktor bei der Ziegelproduktion darstellt, entfällt. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass das moderne Lehmsteinmauerwerk aus großformatigen Lehmsteinen ein sehr gutes Festigkeitsverhalten bei geringer Streuung der Ergebnisse hat. Die Leistung von modernen Lehmmauerwerk ist trotz der geringeren Wandstärke von 24 cm hoch. In Kombination mit den üblichen Baumethoden, zeitgemäßen Planungsdetails und geprüften Schutzmaßnahmen für das Lehmmauerwerk, ist es möglich tragendes Mauerwerk aus Lehmplansteinen, wie es bei herkömmlichen Mauerwerkssteinen üblich ist, nachhaltig, effektiv und stabil zu bauen. Der Lehmmauerwerksstein zur Herstellung eines Hintermauerwerks wird als "normaler" industriell hergestellter Baustoff betrachtet. Das Lehmplansteinmauerwerk grenzt sich vom traditionellen Lehmbau ab. Es wird mit praxisüblichen Verarbeitungsmethoden auf der Baustelle hergestellt und ist z.B. mit modernen Fassaden- oder Dachkonstruktionen kombinierbar. Es ist zudem möglich das moderne Lehmmauerwerk als Fertigteilwand im Werk vorzufertigen.

Das größte Misstrauen in die Standsicherheit von Gebäuden aus Lehm hat seine Begründung in der Wasserempfindlichkeit von Lehm. Bei Einwirkung von Wasser verliert Lehm seine Festigkeit. Bauphysikalische Prozesse im Bauteil sind für die Standsicherheit für den modernen Lehmmauerwerksbau wesentlich. Die Arbeit geht für die besondere Eigenschaft von Lehm näher auf die Korrelation von Materialfestigkeit und Bauteilfeuchte ein.

Um das Vertrauen in die Standsicherheit von Wohngebäuden mit Lehmmauerwerk zu fördern, wurde das moderne Lehmmauerwerk wesentlichen Untersuchungen unterzogen. Die Ergebnisse der Untersuchungen dienen als Grundlage der Entwurfs- und Konstruktionsgrundsätze. Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein Beispieldetailkatalog wesentlicher konstruktiver Anschlüsse eines Wohngebäudes entwickelt. Anhand des Bauteilkatalogs werden verschiedene mögliche konstruktive Maßnahmen diskutiert, die tragende Lehmmauerwerkswände vor Durchfeuchtung schützen sollen.

Das Ergebnis der Vorliegenden Arbeit ist, dass das tragende moderne Lehmmauerwerk mit einer geringeren Wandstärke hergestellt werden kann, als es bisher angenommen wurde. Die Leistungsfähigkeit von modernen Lehmmauerwerk ist höher, als es bisher für den Baustoff allgemein angenommen wird.

Das Lehmplansteinmauerwerk in Kombination mit ökologischen Materialien zur Herstellung der Gebäudehülle schneidet in der Gesamtökobilanz sehr gut ab und trägt als moderner Baustoff zur gesellschaftlichen Verantwortung für umweltschonendes Bauen bei.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einführung	9
1.1 Ziele der Forschung EGsL	11
1.2 Chancen.....	11
1.2.1 BAU2017 – zukunftsweisendes Feedback.....	12
1.2.2 Energieaufwendung	12
1.3 Produktionsbasis	13
2 Ergebnisse Untersuchungen	14
2.1 Festigkeiten Mauerwerk	14
2.1.1 Lehmsteine – Einzelsteindruckprüfung in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit rH.....	14
2.2 Festigkeit Mauerwerk nach DIN EN 1052-1	16
2.2.1 E-Modul.....	17
2.3 Brandverhalten – tragendes Lehmmauerwerk	19
2.4 Technische Versuche – Konstruktion und Herstellung	22
2.4.1 Baustelle / Mauern / Fertigteilherstellung	22
2.4.2 Bauklimatische Erkenntnisse.....	23
2.4.3 Weitere durchgeführte Untersuchungen	23
3 Planungsgrundsätze	25
3.1 Grundsätze für Entwurf und Konstruktion – zusammengefasst.....	25
4 Bauteilkatalog	28
4.1 Allgemeine Bauteilanforderungen.....	28
4.2 Wandaufbauten	28
4.2.1 Außenwandaufbautypen	29
4.2.2 Außenwandaufbau – Befestigungsmöglichkeiten Fassade.....	30
4.3 An- und Einbindung tragender und nichttragender Wände	34

4.3.1	Wandeinbindung Haustrennwände.....	35
4.3.2	Wand-Deckenanschlüsse	35
4.4	Sockelanschlüsse.....	38
4.4.1	Sockelanschlüsse ohne Keller.....	38
4.4.2	Sockelanschlüsse mit Keller	40
4.5	Fenster und Hauseingangstüren.....	40
4.6	Deckenanschlüsse.....	44
4.6.1	Deckenanschlusstypen – Steindecken.....	44
4.6.2	Deckenanschlüsse – Holzbalkendecken	46
4.6.3	Dachanschlüsse – Flachdachtypen	46
4.6.4	Dachanschlüsse – Satteldachtypen Fassadenübergänge	48
4.6.5	Dachanschlüsse – Satteldach Ortgangtypen.....	51
4.6.6	Dachanschlüsse – Haustrennwand Systemschnitt alle Geschosse.....	53
4.7	Treppenanschlüsse	56
4.7.1	Innenliegende Treppenanschlüsse.....	56
4.7.2	Treppenanschlüsse für notwendige Treppen.....	60
4.8	Entwässerungsanschlüsse – Nassbereiche und Nasszellen	64
4.8.1	Technische Systeme zur Verhinderung von Havarien	64
4.8.2	Notentwässerung Typ Unterflurnotentwässerung	64
4.8.3	Notentwässerung Typ Türschwellennotentwässerung	69
5	Ökologische Aspekte	74
5.1	Sachbilanzen und Umweltkriterien	75
5.2	Rezyklierung / Verwertung / Entsorgung der Einzelmaterialien	76
5.2.1	Rezyklierung / Verwertung / Entsorgung.....	76
6	Ausblick	79
6.1	Weiterentwicklung des Lehmmauerwerksteins	79
6.2	Testphase – genutztes Wohnhaus.....	79
7	Chancen – abschließend zusammengefasst.....	83

8	Quellen.....	86
8.1	VERZEICHNIS.....	86
8.2	BAUTEILKATALOG	96
8.2.1	DETAILGRUNDLAGEN.....	96
8.2.2	DÄMMSTOFFE	97
8.2.3	FASSADE	98
8.2.4	DÄCHER	98