

Jens Piehler

Entwicklung von Bemessungshilfen für die Tragsicherheitsbewertung von Gewölbekonstruktionen im Hochbau

F 3083

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

2018

ISBN 978-3-7388-0230-6

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

Abschlussbericht

vom 18.04.2018

Entwicklung von Bemessungshilfen für die Tragsicherheitsbewertung von Gewölbe- konstruktionen im Hochbau

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau
des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.
(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-16.23)
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.



Leibniz Universität Hannover
Institut für Massivbau
Appelstraße 9a
30167 Hannover
Tel.: +49 (0) 511 7 62 - 33 52
Fax: +49 (0) 511 7 62 - 21 75
www.massivbau.uni-hannover.de

Betrifft:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ - Entwicklung von Bemessungshilfen für die Tragsicherheitsbewertung von Gewölbekonstruktionen im Hochbau

Auftraggeber:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Förderkennzeichen:

SWD-10.08.18.7-16.23

Geschäftsführender Institutsleiter:

Sachbearbeiter:

Prof. Dr.-Ing Steffen Marx

Jens Piehler, M.Sc.

Dieser Bericht umfasst 97 Seiten.

Die Veröffentlichung des vorliegenden Berichtes, auch auszugsweise, sowie die Verwendung für Werbezwecke bedarf der Genehmigung des Instituts für Massivbau der Leibniz Universität Hannover.

Zusammenfassung

Überschüttungen von Gewölben werden heute meist ausschließlich auf der Einwirkungsseite angesetzt. Ihre versteifende Wirkung bzw. ihr Anteil am Lastabtrag, infolge des vergrößerten ideellen Querschnittes, wird i. d. R. vernachlässigt. In dieser Arbeit wird ein möglichst einfach zu handhabendes mechanisches Modell vorgestellt, welches die Überschüttung von Gewölben auf der Widerstandsseite für den Lastabtrag berücksichtigt. Dabei wurde der Schwerpunkt auf flache Gewölbe gelegt, wie sie in den meisten Fällen des Hochbaus anzutreffen sind. Diese bisher nicht berücksichtigten Tragreserven wurden mit Hilfe von großmaßstäblichen Laborversuchen und begleitenden numerischen Berechnungen qualitativ und quantitativ erfasst. In den Laborversuchen wurde zudem das Verformungsverhalten der Gewölbe fotogrammetrisch überwacht, so dass bereits geringste Rissentwicklungen beurteilt und somit Rückschlüsse auf die Tiefe klaffender Fugen im Gewölbemauerwerk gezogen werden konnten.

Eine auf das Gewölbe einwirkende Belastung führt zu einer veränderten Biegebeanspruchung im Gewölbemauerwerk und damit zu einer zusätzlichen Krümmung der Gewölbelängsachse. Wird eine schubfeste Verbindung zwischen Mauerwerk und Überschüttung unterstellt, so wird diese Krümmung auch dem Boden aufgezwungen. Solange die Scherfestigkeit des Bodens nicht überschritten wird, treten in Abhängigkeit der Elastizitätsmoduln entsprechende Spannungen in der Überschüttung auf, die einer Biegebeanspruchung mit überlagerter Längsdruckkraft zuzuschreiben sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl das Gewölbemauerwerk als auch der Boden nur eine sehr geringe Zugfestigkeit aufweisen. Die für den Lastabtrag ansetzbaren Querschnittsteile sollten daher ausschließlich Druckspannungen aufweisen. Daraus ergibt sich wiederum, dass die restlichen Querschnittsteile für Spannungsnachweise unberücksichtigt bleiben sollten.

Unter vereinfachenden Annahmen lässt sich ein mathematischer Zusammenhang für einen konkreten Querschnitt an der Gewölbelängsachse herleiten, bei dem die mitwirkenden Querschnittsteile von Gewölbemauerwerk und Überschüttung im Vorfeld einer Spannungsrechnung berechnet werden können. Die mitwirkenden Querschnittsteile im betrachteten Querschnitt des Gewölbes sind dabei abhängig vom Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Mauerwerk und Überschüttung, der berechneten Exzentrizität der Normalkraft im Gewölbemauerwerk ohne Berücksichtigung der mitwirkenden Wirkung der Überschüttung sowie die zur Verfügung stehenden Querschnittshöhen der beiden Teilquerschnitte.

Abstract

In these days backfills of vaults are mostly considered at the influence site. The enhanced effective cross section, which leads to a stiffness effect and a higher load bearing behavior, is normally disregarded. In this work a mechanical model is introduced which is easy to use and which considers backfills of vaults at the resistance site for the computation of load bearing behavior. The focus was on flat vaults which represent most of the vaults in building constructions. These in the past disregarded load bearing reserves were determined qualitative and quantitative with the help of laboratory tests and attendant numerical calculations. In the laboratory tests the vaults were monitored by use of a 2D-fotogrammetry to evaluate minimal developments of cracks and to conclude of the depth of the gap in bed joints.

A load impacting on a vault leads to an altered bend loading in the vault masonry and therefore to additional curvature of the longitudinal vault axis. By assumption of a stiff shear joint between masonry and backfill, this additional curvature will also forced on the soil. If the shearing strength is not exceeded, stresses in the backfill will occur depending on the modulus of elasticity which can ascribe to a bending load with overlaid longitudinal pressure load. It must be taken into account though that the vault masonry as well as the soil exhibit a very low tensile strength. Therefore the cross section parts, which are capable of being put on the load transfer, should have pressure stress only. For this reason the remaining cross section parts should be disregarded.

Under simplifying assumptions, a mathematical relationship can be derived for a specific cross section along the longitudinal axis of the vault, in which the participating cross section parts of the vault masonry and backfill can be calculated in advance of a stress calculation. The contributed cross section parts in the considered cross section of the vault are dependent on the ratio of moduli of elasticity of masonry and backfill, the calculated eccentricity of the normal force in the vault masonry without taking into account the contributing effect of the backfill and the available cross-sectional heights of the two partial cross sections.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation.....	6
2	Internationaler Stand des Wissens.....	7
2.1	Berechnungsverfahren von Bogentragwerken.....	7
2.2	Ansätze der mittragenden Wirkung von Überschüttungen.....	14
2.3	Zwischenfazit.....	20
3	Hypothese zur mittragende Wirkung der Überschüttung im Lasteinleitungsbereich.....	21
3.1	Spannungsverteilung im Bogen ohne Ansatz der Überschüttung.....	21
3.2	Mitwirkung der Überschüttung als Verbundquerschnitt.....	22
3.3	Zwischenfazit.....	28
4	Belastungsversuche an einem Gewölbe mit Überschüttung.....	29
4.1	Vorbemerkungen.....	29
4.2	Versuchsplanung und Messtechnik.....	31
4.3	Ergänzende versuchstechnische Untersuchungen.....	36
4.4	Numerische Simulation der Gewölbeversuche.....	44
4.5	Ergebnisse der Gewölbeversuche.....	51
4.6	Vergleich zwischen Simulationsergebnissen und Versuchsergebnissen.....	56
4.7	Zwischenfazit.....	60
5	Validierung des Verbundmodells.....	61
5.1	Diskussion ausgewählter Modellannahmen anhand der Ergebnisse aus der numerischen Simulation und den Versuchsergebnissen.....	61
5.2	Abschätzung eines etwaigen iterativen Vorgehens.....	63
5.3	Integration des Verbundmodells in den Nachweisprozess.....	67
5.4	Zwischenfazit.....	74
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	76
7	Literaturverzeichnis.....	78
8	Anhang.....	80
8.1	Bestimmung des Elastizitätsmoduls an genormten Mauerwerksprüfkörpern.....	80
8.2	Reibbeiwert der zweilagigen Folie mit Fettschicht.....	82
8.3	Bodenuntersuchungen der Überschüttung.....	84
8.4	Weitere Messergebnisse der durchgeführten Gewölbeversuche.....	92