

Stefan Schäfer, Alexander Pick

Entwicklung von planaren Ziegelfertigteilen für die Herstellung von weitspannenden Schalentragsystemen

F 3188

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2020

ISBN 978-3-7388-0466-9

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/bauforschung

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt:

Entwicklung von planaren Ziegelfertigteilen für die Herstellung von weitspannenden Schalen- tragwerken

Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-16.50

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Stefan Schäfer
Dipl.-Ing. Architekt Alexander Pick



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT





Darmstadt, den 30.06.2019

Mitwirkende des Projektes

Projektleitung

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion
Prof. Dipl.-Ing. Architekt Stefan Schäfer
Franziska-Braun-Straße 3
64287 Darmstadt
info@kgbauko.tu-darmstadt.de

Wissenschaftliche Bearbeitung

Dipl.-Ing. Architekt BDA

Alexander Pick

Wissenschaftliche Mitarbeit

Dipl.-Ing. Jakob Reising; M.Sc. Johannes Koch

Fachliche Betreuung

M.Sc. Fabian Brodbeck
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (IRB)
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart

Mittelgeber

Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31 – 37
53179 Bonn

Deppe Backstein-Keramik GmbH
Neuenhauser Straße 82
49843 Uelsen-Lemke

Steenfelder Betonwerk Johann Meinders GmbH
Fertigteile für den Industrie- und Wohnungsbau
Steenfelder Dorfstraße 8
26810 Westoverledingen

Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure
PartGmbB
Zweigertstraße 14
45130 Essen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1 Eckdaten des Forschungsprojekts	6
1.2 Zielsetzung und Aufbau des Berichts	6
1.3 Danksagung	7
2. Forschungsantrag	8
2.1 Ausgangslage	8
2.2 Forschungsansatz	9
2.3 Forschungsziele	10
2.4 Forschungsmethodik	11
2.5 Arbeitspakete	12
3. Geometrieoptimierung von Schalentragwerken	13
3.1 Schalentragwerke in der Architektur	13
3.2 Formfindung	14
3.2 Planarisierung	15
4. Parametrische Optimierung	19
4.1 Abwicklung der Fertigteile	19
4.2 Aufteilung der Fertigteile und Aufteilung der Ziegel	19
4.3 Modellversuche	21
4.4 Optionen des parametrischen Modells	22
4.5 Entwicklung des Lehrgerüsts	22
5 Baukonstruktion	24
5.1 Längsbewehrung	24
5.2 Querbewehrung	26
5.3 Örtliche Bewehrung	26
6. Statische Berechnungen	28
6.1 Grundlagen	28
6.2 Finite-Elemente-Methode	28
6.3 Konstruktion	30
7. Entwicklung von Ziegeln	32
7.1 Grundlagen	32
7.2 Versuchsreihe 1	33
7.3 Versuchsreihe 2	35
7.4 Versuchsreihe 3	36
7.5 Versuchsreihe 4	37
8. Entwicklung von Fertigteilen	39
8.1 Grundlagen	39
8.2 Versuchsreihe 1 Ziegelfertigteile	40
8.3 Versuchsreihe 2 Ziegelfertigteile	42

8.4 Versuchsreihe 3	45
8.5 Versuchsreihe 4	47
9. Verifizierung der Ergebnisse	48
10. Produktion der finalen Ziegel und Fertigteile.....	51
10.1 Produktion der Ziegel	51
10.2 Produktion der Fertigteile.....	55
11. Aufbau der Schale.....	57
11.1 Herstellung der Bodenplatte	57
11.2 Aufbau des Lehrgerüsts.....	58
11.3 Schablonen zur Positionierung der Fertigteile.....	61
11.4 Einbau der Bewehrung und Betonieren der Längs- und Quertugen	64
11.5 Rückbau des Lehrgerüsts.....	68
12. Schalentragswerk aus planaren Ziegelfertigteilen	70
13. Vermessung und Belastungstest.....	75
13.1 Vermessung der Schale.....	75
13.2 Auswertung der Vermessungsergebnisse.....	77
13.3 Fazit zur Auswertung der Vermessungsergebnisse	82
14. Zusammenfassung und Ausblick	84
Literaturverzeichnis	86
Abbildungsverzeichnis	87
Abbildungsnachweis	92
Anhang	93
Anhang 1 – Gebaute Ziegelschalen - Anfiteeatro Las Piedras,.....	93
Anhang 2 – Bauablauf der Ziegelschale im Modellversuch	95
Anhang 3 – Versuche - Lehrgerüst	96
Anhang 4 – Versuche.....	97
Anhang 5 – Versuchsreihen Ziegel	98
Anhang 6 – Versuchsreihen Fertigteile	99
Anhang 7 – Statische Bemessung.....	103
Anhang 8 – Statische Bemessung – Auszug - Zur Planung und Ausführung von Ziegeldecken	132
Anhang 9 – Bau der Schale.....	140
Anhang 10 – Dichtungsband - Datenblatt.....	154
Anhang 11 – Verguss der Fugen -Datenblatt	155
Anhang 12 – Vermessung – Eigenschaften der Geräte	157
