

vakutex

**Vakuumgedämmte
Fassadenelemente aus Textilbeton**

F 2872

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- 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

2013

ISBN 978-3-8167-9110-2

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

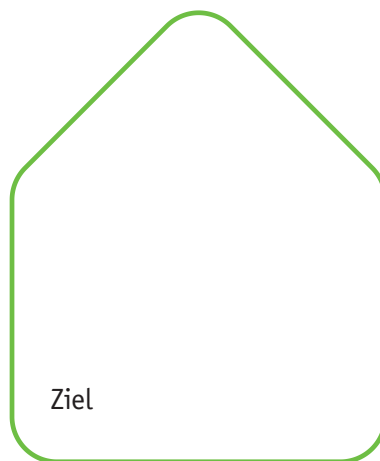
Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



vaku^{tex}

Vakuumgedämmte Fassaden-
elemente aus Textilbeton

Abschlussbericht
14. Juni 2013

Abschlussbericht	Leipzig, 14. Juni 2013
Thema	vaku ^{tex} Vakuumgedämmte Fassadenelemente aus Textilbeton
Forschungsstelle	Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig University of Applied Sciences ai:L Architektur-Institut Leipzig Forschungsgruppe energie.design Karl-Liebknecht-Straße 132 04277 Leipzig
Projektleiter	Frank Hülsmeier Prof. Dipl.-Ing. Architekt
Themenleiter	Alexander Kahnt Dipl.-Ing. [FH] Architekt
Projektbearbeitung	Otto Grauer M. Sc. Stefan Huth M. A. Susanne Kirmse Dipl.-Ing. [FH] Architektin Matthias Tietze Dipl.-Wirtsch.-Ing. [FH]
Kooperationspartner	CTS Composite Technologie Systeme GmbH Mercatorstraße 43, 21502 Geesthacht HFB Engineering GmbH Zschortauer Straße 42, 04129 Leipzig Variotec GmbH & Co. KG Weißmarterstraße 3-5, 92318 Neumarkt
Externe Experten des Forschungsprojektes	Prof. M. Lange Universität Hannover - Institut für Baukonstruktion und Entwerfen Prof. W. Lorch Dipl.-Ing. A. Krawczyk TU Darmstadt - Lehrstuhl Entwerfen und Hochbaukonstruktion Prof. H. Schneider RWTH Aachen - Lehrstuhl Baukonstruktion
unterstützt durch	HALFEN GmbH & Co. KG, Karl Limbach & Cie GmbH & Co. KG, MEHLAG AG, PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG, RECKLI GmbH, SIKA Deutschland GmbH, Sto AG Deutschland

Förderhinweis

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SF - 10.08.18.7-09.30/II - F20-09-1-190)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	005
2. Inhalt & Ziele	009
2.1 Forschungsgegenstand.....	010
2.2 Ausgangslage.....	010
2.2.1 Klimapolitische Vorgaben.....	010
2.2.2 Bautechnische Voraussetzungen.....	010
2.2.3 Ökologische Aspekte.....	011
2.3 Potentiale und Grenzen.....	011
2.4 Ziele.....	013
3. Grundlagen & Vorbetrachtung	015
3.1 Methodisches Vorgehen.....	016
3.2 Architektonische Betrachtung.....	017
3.2.1 Raster.....	018
3.2.2 Gebäude.....	020
3.2.3 Fassade.....	021
3.3 Konstruktiv-technische Betrachtung.....	022
3.3.1 Textilbeton.....	022
3.3.2 Vakuumisulationspaneele.....	024
3.3.3 Glasfaserverstärkter Kunststoff.....	027
3.3.4 Latente Wärmespeicher - PCM.....	027
3.3.5 Bauphysik.....	028
3.3.5.1 Energiehaushalt Mensch und Gebäude.....	028
3.3.5.2 Thermische und Raumluftheaglichkeit	028
3.3.5.3 Wärmetransportmechanismen.....	029
3.3.5.4 Feuchteschutz.....	030
3.4 Ökologische Betrachtung.....	032
3.4.1 Ökobilanzierung.....	033
3.4.2 Untersuchungsrahmen.....	033
3.4.3 Sachbilanz.....	033
3.4.4 Wirkungsabschätzung.....	033
3.5 Ökonomische Betrachtung.....	035
3.5.1 Begriffe.....	035

3.5.2	Bauwirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	035
3.5.3	Der Emissionshandel und seine Funktionsweise	035
3.5.4	Methodik der Investitionsrechnung	036
4.	Hypothetische Lösungsansätze.....	037
4.1	Architektonische Betrachtung.....	038
4.1.1	Gebäudetypologie und Bauteildimensionierung	038
4.1.2	Systemanalyse Fassade.....	039
4.1.2.1	Statisches System.....	040
4.1.2.2	Schalenaufbau.....	040
4.1.2.3	Fassadensystem.....	041
4.1.2.4	Konstruktionsarten.....	042
4.1.2.5	Rahmenvorgaben für das Fassadenelement.....	044
4.1.3	Beschaffenheit des Fassadenelements.....	045
4.1.3.1	Öffnungen.....	045
4.1.3.2	Verbindungen.....	045
4.1.3.3	Fugenausbildung und -dichtung.....	046
4.1.3.4	Form.....	047
4.1.3.5	Oberfläche und Farbe.....	047
4.1.4	Verdichtung urbaner Räume.....	049
4.1.5	Studentenentwürfe.....	051
4.2	Konstruktiv-technische Betrachtung.....	058
4.2.1	Prinzipieller Elementaufbau.....	058
4.2.2	Entwicklung eines Detailkataloges.....	059
4.2.2.1	Transportbefestigung.....	061
4.2.2.2	Befestigung am Bauwerk.....	062
4.2.2.3	Befestigung des Einhängsystems an den Fassadenelementen.....	063
4.2.2.4	Befestigung der äußeren Platte.....	063
4.2.2.5	Befestigungsmittel im GFK.....	065
4.2.2.6	Aussteifung der äußeren Platte.....	066
4.2.2.7	Formate der Vakuumdämmpaneele.....	067
4.2.2.8	Lagenausbildung der Vakuumdämmpaneele.....	068
4.2.2.9	Befestigung an der inneren Platte	069
4.2.2.10	Kopplung der Elemente in der Horizontalfuge.....	070
4.2.2.11	Kopplung der Elemente in der Vertikalfuge.....	071
4.2.2.12	Verbesserung des Schallschutzes.....	072

4.2.2.13	Abdichtung der Anschlussfugen.....	074
4.2.2.14	Verbesserung des Brandschutzes.....	075
4.2.3	Maßtoleranzen.....	075
4.2.4	Bauphysik.....	076
4.2.4.1	Wärmeschutz ungestörter Flächen.....	077
4.2.4.2	Formatbetrachtung Vakuumisulationspaneele.....	077
4.2.4.3	Thermische Störungen der Dämmebene.....	077
4.2.4.4	Messreihe zu unterschiedlichen Paneelstößen.....	078
4.3	Ökologische Betrachtung.....	085
4.4	Ökonomische Betrachtung.....	085
4.4.1	Ökonomische Vor- und Nachteile von vaku ^{tex}	085
4.4.2	Marktpotential.....	086
4.4.3	Bauwirtschaftliche Entwicklungen und Trends.....	088
5.	Lösungsansatz.....	089
5.1	Architektonische Betrachtung.....	090
5.1.1	Oberflächengestaltung.....	090
5.1.2	Problematik durchschlagender Gelege.....	092
5.1.3	Fassadenentwürfe.....	092
5.2	Konstruktiv-technische Betrachtung.....	096
5.2.1	Konstruktion.....	096
5.2.1.1	Elementaufbau.....	098
5.2.1.2	Textilbetonplatten.....	101
5.2.1.3	Rahmen aus glasfaserverstärktem Kunststoff.....	102
5.2.1.4	Vakuumpaneele und Kunststoffwellplatten.....	103
5.2.1.5	Verklebung.....	104
5.2.1.6	Elementbefestigung.....	108
5.2.1.7	Fugenausbildung & Kopplung.....	109
5.2.2	Bauphysik.....	110
5.2.2.1	Wärmeschutz.....	110
5.2.2.2	Tauwasserschutz.....	114
5.2.2.3	Schlagregenschutz.....	117
5.2.2.4	Untersuchungen zum Brandschutz.....	120
5.2.2.5	Untersuchungen zum Schallschutz.....	123
5.3	Ökologische Betrachtung.....	127
5.3.1	Vergleichende Ökobilanzierung von Fassaden.....	127

5.3.2	Abschätzung der Umweltbelastung.....	129
5.3.2.1	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB).....	129
5.3.2.2	Anpassung des Bewertungssystems mittels Einstufungsmatrix.....	130
5.3.2.3	Auswertung.....	131
5.4	Ökonomische Betrachtung.....	134
5.4.1	Kosten für das vaku ^{tex} -Element.....	134
5.4.2	Wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit.....	134
5.4.3	Amortisation der Investitionskosten.....	135
5.4.4	Schlussfolgerung für vaku ^{tex}	137
5.4.5	Markteintrittsbarrieren und Hemmnisse.....	137
6.	Fazit & Ausblicke.....	139
7.	Verzeichnis.....	143
7.1	Literatur.....	144
7.2	Abbildungen.....	145
8.	Anhang.....	147
8.1	Statische Bemessung.....	148
8.2	Prüfbericht zu den Verbindungsmitteln.....	177
8.3	Prüfbericht zur Bestimmung der Verbrennungswärme.....	204
8.4	Prüfbericht zur orientierenden Brandverhaltensprüfung nach dem SBI-Verfahren...	209
8.5	Prüfbericht Schallmessung - Konstruktion mit Agraffe.....	225
8.6	Prüfbericht Schallmessung - Konstruktion mit Klebeverbindung.....	235
8.7	Prüfbericht - Haftungsprüfung mit dem SikaTack-Panel-System.....	245