

**F 2981**

Matthias Pahn, Jürgen Schnell, Horst Stopp  
Martin Kiesche, Wolfgang Schmidt, Torsten Toepel

# **Thermisch aktivierte Sandwichschwimmkörper für das Bauen auf dem Wasser**

F 2981

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

2016

ISBN 978-3-8167-9731-9

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](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)



**Fachbereich Bauingenieurwesen  
Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion  
Baukonstruktion und Fertigteilbau**

Paul-Ehrlich-Straße  
Gebäude 14, Raum 570  
67663 Kaiserslautern

Telefon: 0631 205-3083  
Telefax: 0631 205-3555  
matthias.pahn@bauing.uni-kl.de  
www.bauing.uni-kl.de

Endbericht zum Forschungsvorhaben:

Thermisch aktivierte Sandwichschwimmkörper für das Bauen  
auf dem Wasser

(SWD – 10.08.18.7 – 13.18/ II 3-F20-11-1-067)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

 **BASF**  
The Chemical Company



**uponor**

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn

Projektbeteiligte: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell  
Prof. Dr.-Ing. habil. Horst Stopp  
M.Sc. Martin Kiesche  
Dr.-Ing. Wolfgang Schmidt  
Dipl.-Ing. (FH) Torsten Toepel

Kaiserslautern, Dezember 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG DES FORSCHUNGSPROJEKTS</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>STAND DER TECHNIK</b>	<b>8</b>
3.1	SCHWIMMENDE PONTONS	8
3.1.1	<i>Aufgeschäumte Schwerbetonglocke</i>	8
3.1.2	<i>Geschlossener Hohlkörper aus Stahl</i>	9
3.2	FAZIT	9
<b>4</b>	<b>EINWIRKUNGEN UND SICHERHEITSKONZEPT</b>	<b>10</b>
4.1	ALLGEMEIN	10
4.2	DAFSTB-RICHTLINIE WASSERUNDURCHLÄSSIGE BAUWERKE	10
4.3	ZTV-W FÜR WASSERBAUWERKE AUS BETON UND STAHLBETON 215	11
4.4	DVWK 246	12
4.5	WASSERBAUSPEZIFISCHE EINWIRKUNGEN NACH DIN 19702	14
4.5.1	<i>Ständige Einwirkungen</i>	14
4.5.2	<i>Veränderliche Einwirkungen</i>	14
4.5.3	<i>Außergewöhnliche Einwirkungen</i>	17
4.6	BEMESSUNGSSITUATION	18
4.7	FAZIT	18
<b>5</b>	<b>ENTWURF DES SCHWIMMKÖRPERS</b>	<b>19</b>
5.1	ALLGEMEIN	19
5.2	VORSATZSCHALE	19
5.2.1	<i>Bewehrungsmaterial</i>	19
5.2.2	<i>Betonrezeptur</i>	20
5.3	KERNDÄMMSCHICHT	21
5.4	VERBINDUNG DER VORSATZ- UND TRAGSCHALE	21
5.5	SCHWIMMFÄHIGKEIT DES SCHWIMMENDEN UNTERGESCHOSSES	21
5.6	MODULARE BAUWEISE	25
5.7	BAU EINES FUGENFREIEN KLEINDEMONSTRATORS	25
5.8	FERTIGTEILBAUWEISE	28
5.9	FAZIT	29

---

<b>6</b>	<b>UNTERSUCHUNGEN ZUR WASSEREINDRINGTIEFE IN BETON UND WASSERAUFNAHME VON DÄMMMATERIALIEN</b>	<b>30</b>
6.1	ALLGEMEIN	30
6.2	ZIELSTELLUNG	30
6.3	VERSUCHSBESCHREIBUNG	31
6.4	VERSUCHSUMFANG	32
6.5	AUSWERTUNG	34
6.5.1	<i>Wassereindringtiefe</i>	34
6.5.2	<i>Selbstabdichtung</i>	37
6.6	FAZIT	41
<b>7</b>	<b>LASTANNAHMEN</b>	<b>42</b>
7.1	ALLGEMEIN	42
7.2	LASTANNAHMEN UND EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	42
7.2.1	<i>Ständige charakteristische Einwirkungen (GE)</i>	44
7.2.2	<i>Veränderliche charakteristische Einwirkungen (Qk)</i>	45
7.2.3	<i>Außergewöhnliche charakteristische Einwirkungen (AK)</i>	59
7.3	FAZIT	59
<b>8</b>	<b>UNTERSUCHUNGEN ZUR THERMISCH AKTIVIERTEN VORSATZSCHALE</b>	<b>60</b>
8.1	FUNKTIONSWEISE DES WÄRMETAUSCHERS	60
8.2	ZIELSTELLUNG	60
8.3	PARAMETERSTUDIE	60
8.4	MESSKONZEPT	67
8.5	VERSUCHSKÖRPER	68
8.5.1	<i>Auslegung und Entwurf</i>	68
8.5.2	<i>Aufbau des Versuchskörpers</i>	70
8.6	VERSUCHSVORBEREITUNG	72
8.6.1	<i>Versuchskörper</i>	72
8.6.2	<i>Hydraulisches System</i>	73
8.7	VERSUCHSPROGRAMM UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	74
8.8	VERSUCHSAUSWERTUNG	75
8.8.1	<i>Seewassertemperatur</i>	75
8.8.2	<i>Ein- und Austrittstemperaturen</i>	75
8.8.3	<i>Volumenstrom</i>	77
8.9	SIMULATION DES WÄRMETAUSCHERS	78

---

8.9.1	Allgemein	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
8.9.2	Randbedingungen	78
8.9.3	Simulationsmodell	80
8.9.4	Vergleich zwischen den Simulations- und Versuchsergebnissen	81
8.10	FAZIT	82
<b>9</b>	<b>SCHWIMMENDER GROßDEMONSTRATOR</b>	<b>83</b>
9.1	ZIELSTELLUNG	83
9.2	ENTWURFSGRUNDLAGEN	83
9.3	VORDIMENSIONIERUNG	84
9.3.1	Fügetechnik und Abdichtungskonzept	84
9.3.2	Auftrieb und Schwimmstabilität	87
9.3.3	Untersuchung zur Wassereindringtiefe eines elastischen Fugenmaterials	88
9.4	HERSTELLUNG DES GROßDEMONSTRATORS	90
9.4.1	Ausführungspläne	90
9.4.2	Betonfertigteile	92
9.4.3	Tragwerksmontage	97
9.5	DAUERMESSUNG IM GEWÄSSER	100
9.5.1	Messkonzept	100
9.5.2	Autarkie der Messtechnik	101
9.5.3	Aufbau der Messtechnik	102
9.6	STAPELLAUF	102
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>105</b>
<b>11</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS</b>	<b>109</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG I BILDDOKUMENTATION</b>	<b>113</b>
12.1	EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR WASSEREINDRINGTIEFE UND SELBSTABDICHTUNG	113
12.1.1	Versuchsreihe 1	113
12.1.2	Versuchsreihe 2	114
12.1.3	Versuchsreihe 3	115
12.1.4	Versuchsreihe 4	116
12.1.5	Versuchsreihe 5	117
12.1.6	Versuchsreihe 6	118