

Martin Ziegler, Sylvia Kürten

**Erdwärmennutzung mit Hilfe  
von geothermisch wirksamen  
Abdichtungselementen an erdbe-  
rührten Untergeschoßkonstruktionen  
im Grundwasser**

F 2788

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

2011

ISBN 978-3-8167-8523-1

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

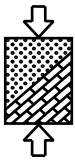
Telefon 07 11 9 70 - 25 00

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)



Zeichen:  
Zie/Kü

Datum:  
30.04.2011

## Abschlussbericht

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-09.10 / II 2 – F20-09-1-041

Forschungsthema: „Erdwärmennutzung mit Hilfe von geothermisch wirksamen Abdichtungselementen an erdberührten Untergeschoßkonstruktionen im Grundwasser“

Kurztitel: „Geothermisch wirksame Abdichtungselemente“

Forschende Stelle: Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen der RWTH Aachen  
Mies-van-der-Rohe-Straße 1  
52074 Aachen

Projektleiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler

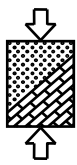
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Sylvia Kürten

Mitfinanzierende Stelle:  
NAUE GmbH & Co. KG  
Gewerbestr. 2  
32339 Espelkamp-Fiestel

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert.

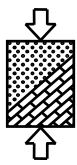
(Aktenskennzeichen: SF – 10.08.18.7-09.10 / II 2 – F20-09-1-041)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

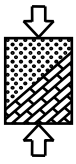


## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	1
1.1	Veranlassung .....	1
1.2	Ziel des Forschungsvorhabens .....	2
2	Theoretische Grundlagen .....	4
2.1	Wärmetransport im Boden.....	5
2.1.1	Mechanismen des Wärmetransport .....	5
2.1.2	Thermische Eigenschaften des Bodens.....	7
2.1.3	Bodentemperatur in oberflächennahen Schichten .....	8
2.1.4	Grundwasserströmung .....	10
2.2	Wärmeträgerkreislauf .....	11
2.2.1	Wärmeübergangswiderstand .....	11
2.2.2	Strömungszustand im Absorbersystem .....	12
2.2.3	Leistung von geothermischen Anlagen .....	14
3	Thermo-Aktive Bauteile – Stand der Technik.....	15
3.1	Allgemeines.....	15
3.2	Energiepfähle .....	16
3.3	Ebene Energiefundierungen.....	18
3.4	Energietunnel .....	20
3.5	Zusammenfassung der Leistungsdaten von thermo-aktiven Bauteilen .....	23
4	Geothermisch wirksame Abdichtungselemente .....	24
4.1	Konzeption von geothermisch wirksamen Abdichtungselementen und deren Anforderungen. ....	24
4.2	Wesentliche Einflussparameter auf den Wärmeertrag .....	26
5	Laborversuche .....	27
5.1	Aufbau des Versuchsstands.....	27
5.1.1	Konzeption und Eigenschaften des Versuchsstand .....	27
5.1.2	Strömung.....	30
5.1.3	Messtechnik .....	31



5.2	Großversuch 1 .....	33
5.2.1	Aufbau des Wandelements und Materialparameter .....	33
5.2.2	Versuchsprogramm .....	35
5.2.3	Versuchsauswertung und Ergebnisübersicht .....	36
5.3	Großversuch 2 .....	39
5.3.1	Aufbau des Wandelements und Materialparameter .....	39
5.3.2	Versuchsprogramm .....	41
5.3.3	Ergebnisübersicht.....	42
5.4	Versuche zur Ermittlung des Wärmeübergangswiderstand .....	43
5.4.1	Wärmeübergangswiderstand bei geothermisch wirksamen Abdichtungselementen .....	43
5.4.2	Versuchsprinzip, Messtechnik und Versuchsprogramm.....	45
5.4.3	Auswertung und Ergebnisübersicht .....	46
6	Numerische Simulationen.....	49
6.1	Theoretische Grundlagen .....	49
6.1.1	Das Finite Differenzen Programm SHEMAT .....	49
6.1.2	Einschränkungen für die Simulationen der geothermisch wirksamen Abdichtungselemente .....	50
6.2	Grundmodelle und Kalibrierung.....	51
6.2.1	Diskretisierung.....	51
6.2.2	Materialparameter .....	52
6.2.3	Anfangs- und Randbedingungen .....	53
6.2.4	Verifizierung des numerischen Modells .....	54
6.3	Parameterstudie.....	55
7	Wirksamkeit geothermisch wirksamer Abdichtungselemente .....	57
7.1	Einflussparameter auf den Wärmeentzug.....	57
7.1.1	Grundwasserströmung .....	57
7.1.2	Systemdurchfluss .....	58
7.1.3	Rohranordnung .....	61
7.1.4	Rohrdurchmesser .....	64



7.1.5	Rohrmaterial.....	65
7.1.6	Rohrabstand.....	66
7.1.7	Thermische Eigenschaften des Bodens.....	68
7.1.8	Bodentemperatur.....	70
7.2	Empfehlungen für die Auslegung und den Betrieb.....	72
7.3	Einsatzmöglichkeiten von geothermisch wirksamen Abdichtungselementen .....	74
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	77

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

Anhang