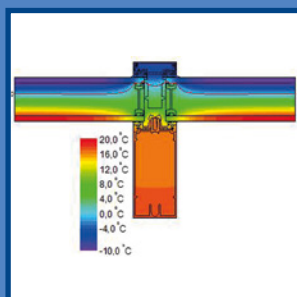
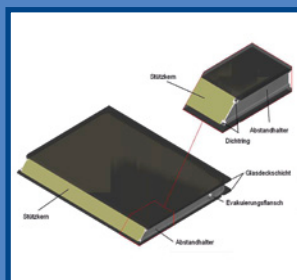
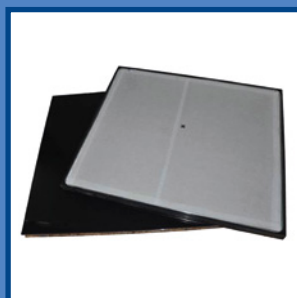


Tanja Skottke

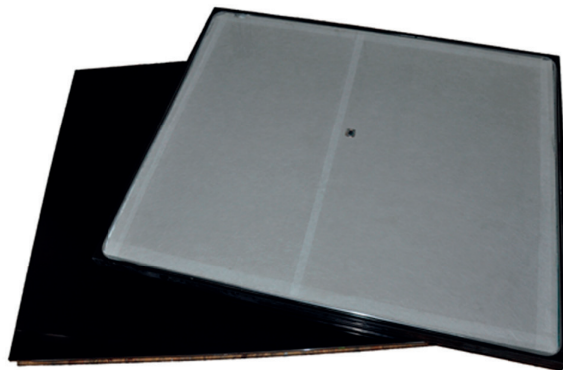
Vakuumdämmelemente mit Glasdeckschichten



BAUKONSTRUKTIONEN + BAUPHYSIK | BAND 4

Wolfgang M. Willems (Hrsg.), Tanja Skottke

Vakuumdämmelemente mit Glasdeckschichten



Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9906-1

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9907-8

Druck: Mediendienstleistungen des
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2017
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon 07 11 9 70-25 00
Fax 07 11 9 70-25 08
E-Mail irb@irb.fraunhofer.de
URL www.baufachinformation.de

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Vorbemerkung und Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 2008 bis 2016 während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung der Technischen Universität Dortmund.

Hier konnte ich neben der Tätigkeit in der Lehre meine Energie fast vollkommen in die Forschung und damit letztendlich auch meine Dissertation stecken.

Ich möchte an dieser Stelle all den Menschen danken, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Beginnen möchte ich mit meinem Betreuer Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang M. Willems, dem ich für das mir entgegengebrachte Vertrauen, die Bereitschaft zur Diskussion und die wertvollen Ratschläge danken möchte.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch dem Zweitgutachter Herrn Prof. Dr.-Ing. Peter Schmidt und dem Vorsitzenden der Prüfungskommission Herrn Prof. Dr.-Ing. Mike Gralla danken.

Weiterhin möchte ich den Kollegen der TU Dortmund für die zugebrachten Arbeiten und die Toleranz in angespannten Zeiten danken. Dank gilt hier auch Herrn Dipl.-Ing. Christoph Rempe für seine Hilfe bei der Durchführung von Versuchen sowie seine unerschöpflichen Ideen.

Darüber hinaus gilt ein großer Dank meinen Eltern, meiner Schwester Vivien, meiner Freundin Rebecca und ganz besonders meinem Mann Christian und meiner Tochter Louisa, die mich in all den Jahren in jeglicher Hinsicht unterstützt und stets motiviert haben.

Dortmund, den 26. Dezember 2016

Tanja Skottke

Vakuumdämmelemente mit Glasdeckschichten

Von der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Dortmund genehmigte

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Tanja Skottke

Prüfungskommission:

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mike Gralla

1. Gutachter: Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang M. Willems

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Schmidt

Tag der Verteidigung: 24. August 2016

Dortmund 2016

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen	IV
1. Einleitung und Ziel der Arbeit	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Ziel der Arbeit	3
2. Vacuum Insulated Glass Sandwich (VIGS)	5
2.1 Aufbau Vacuum Insulated Glass Sandwich	5
2.2 Evakuierungsflansch	20
2.3 Wärmeleitfähigkeit und thermische Optimierung des Randverbundes	24
2.3.1 Allgemein	24
2.3.2 Wärmeleitfähigkeit im ungestörten Bereich	24
2.3.3 Wärmeverluste im Randbereich	26
3. Grundlagen zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit eines VIGS	35
3.1 Allgemein	35
3.2 Gasströmung: Stofftransport durch Diskontinuitäten	36
3.2.1 Definition Gasströmung	36
3.2.2 Diskontinuitäten am VIGS	38
3.3 Permeation: Stofftransport durch den Festkörper	39
3.3.1 Definition Permeation	39
3.3.2 Permeation am VIGS	41
3.4 Ausgasverhalten von Werkstoffen	42
3.4.1 Definition Ausgasung	42
3.4.2 Gasabgabe im VIGS	42
3.5 Evakuierungseinrichtung und -Messtechnik	44
3.5.1 Drehschieberpumpe	44
3.5.2 Heliumleckdetektor	45
3.6 Messverfahren zur Bestimmung des Stofftransports durch die Hülle eines VIGS	46
3.6.1 Dichtheitsprüfung	46

3.6.2	<i>Messung des Stofftransports durch Diskontinuitäten</i>	48
3.6.3	<i>Messung des Stofftransports in Form von Permeation</i>	49
3.7	Dauerhaftigkeit von Vakuumdämmelementen	51
4.	Experimentelle Untersuchung zur Leckagerate an einem VIGS	55
4.1	Allgemein	55
4.2	Experimentelle Untersuchungen zum Stofftransport durch Diskontinuitäten bzw. Leckkanäle	57
4.2.1	<i>Versuchsaufbau und Durchführung</i>	57
4.2.2	<i>Stofftransport durch Diskontinuitäten in der Kontaktfläche „Dichtring zu Abstandhalter“</i>	62
4.2.3	<i>Stofftransport durch Diskontinuitäten in der Kontaktfläche „Glas zu Dichtring“</i>	77
4.3	Experimentelle Untersuchung zum Stofftransport durch den Festkörper	87
4.3.1	<i>Versuchsaufbau und Durchführung</i>	87
4.3.2	<i>Stofftransport durch den Festkörper</i>	90
5.	Auswertung und Diskussion zur Gesamtleckagerate und Dauerhaftigkeit eines VIGS	96
5.1	Auswertung und Diskussion zu den Untersuchungsergebnissen einer Leckagerate infolge von Diskontinuitäten in den Kontaktflächen	96
5.1.1	<i>Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse</i>	96
5.1.2	<i>Bewertung der Einflussgrößen</i>	101
5.1.3	<i>Konsequenz für die Ausführung</i>	117
5.2	Auswertung und Diskussion zu den Untersuchungsergebnissen einer Leckagerate infolge Permeation	118
5.2.1	<i>Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse .</i>	118
5.2.2	<i>Bewertung der Einflussgrößen</i>	119
5.2.3	<i>Konsequenz für die Ausführung</i>	134
5.3	Gesamtleckagerate eines VIGS	135
5.4	Resultierende Dauerhaftigkeit eines VIGS	138

6. Zusammenfassung und Ausblick	140
Literaturverzeichnis	145