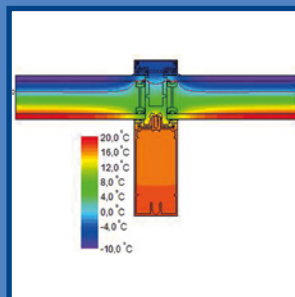
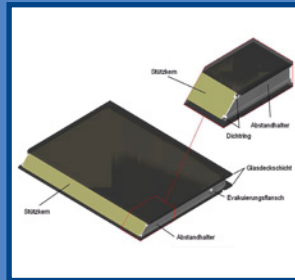
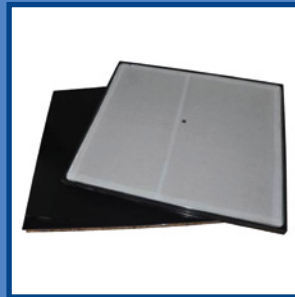


Tanja Skottke

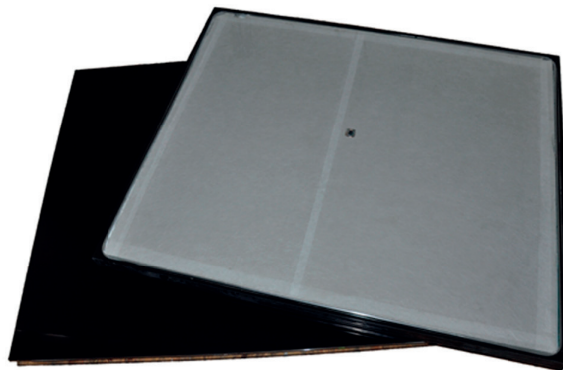
### Vakuumdämmelemente mit Glasdeckschichten



BAUKONSTRUKTIONEN + BAUPHYSIK | BAND 4

Wolfgang M. Willems (Hrsg.), Tanja Skottke

# Vakuumdämmelemente mit Glasdeckschichten



Fraunhofer IRB Verlag

<https://doi.org/10.51202/9783816799078-1>

Generiert durch IP '18.117.71.31', am 20.06.2024, 19:11:26.

Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

### **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](http://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](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
URL [www.baufachinformation.de](http://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

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen</b>                                | <b>IV</b> |
| <b>1. Einleitung und Ziel der Arbeit</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Einleitung  | 1         |
| 1.2 Ziel der Arbeit   | 3         |
| <b>2. Vacuum Insulated Glass Sandwich (VIGS)</b>                                | <b>5</b>  |
| 2.1 Aufbau Vacuum Insulated Glass Sandwich                                      | 5         |
| 2.2 Evakuierungsflansch   | 20        |
| 2.3 Wärmeleitfähigkeit und thermische Optimierung des Randverbundes             | 24        |
| 2.3.1 <i>Allgemein</i>  | 24        |
| 2.3.2 <i>Wärmeleitfähigkeit im ungestörten Bereich</i>                          | 24        |
| 2.3.3 <i>Wärmeverluste im Randbereich</i>                                       | 26        |
| <b>3. Grundlagen zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit eines VIGS</b>            | <b>35</b> |
| 3.1 Allgemein   | 35        |
| 3.2 Gasströmung: Stofftransport durch Diskontinuitäten                          | 36        |
| 3.2.1 <i>Definition Gasströmung</i>   | 36        |
| 3.2.2 <i>Diskontinuitäten am VIGS</i>   | 38        |
| 3.3 Permeation: Stofftransport durch den Festkörper                             | 39        |
| 3.3.1 <i>Definition Permeation</i>  | 39        |
| 3.3.2 <i>Permeation am VIGS</i>   | 41        |
| 3.4 Ausgasverhalten von Werkstoffen   | 42        |
| 3.4.1 <i>Definition Ausgasung</i>   | 42        |
| 3.4.2 <i>Gasabgabe im VIGS</i>  | 42        |
| 3.5 Evakuierungseinrichtung und -Messtechnik                                    | 44        |
| 3.5.1 <i>Drehschieberpumpe</i>  | 44        |
| 3.5.2 <i>Heliumleckdetektor</i>   | 45        |
| 3.6 Messverfahren zur Bestimmung des Stofftransports durch die Hülle eines VIGS | 46        |
| 3.6.1 <i>Dichtheitsprüfung</i>  | 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        |
| <b>4.</b> | <b>Experimentelle Untersuchung zur Leckagerate an einem VIGS</b>   | <b>55</b> |
| 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        |
| <b>5.</b> | <b>Auswertung und Diskussion zur Gesamtleckagerate und Dauerhaftigkeit eines VIGS</b>  | <b>96</b> |
| 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       |

---

|  |            |
|--|------------|
| <b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b> | <b>140</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>            | <b>145</b> |