



Schlussbericht

IEA-EBC Annex 65 on Superinsulating Materials

Building Integration Aspects





Empa

Materials Science and Technology

Datum: 5. Dezember 2017

Ort: Dübendorf

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Gebäude und Städte
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

Empa
Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf
www.empa.ch/abt312

Autor/in:

Jannis Wernery, Empa, jannis.wernery@empa.ch
Samuel Brunner, Empa, samuel.brunner@empa.ch
Matthias Koebel, Empa, matthias.koebel@empa.ch

BFE-Bereichsleitung: Andreas Eckmanns, andreas.eckmanns@bfe.admin.ch

BFE-Programmleitung: Rolf Moser, moser@enerconom.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/501281-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Zusammenfassung

Aerogel-Dämmstoffe zeichnen sich durch ihre hervorragenden Dämmeigenschaften aus. Das hat zur Folge, dass sich mit ihnen die üblichen Dämmstärken auf ungefähr die Hälfte reduzieren lassen. Dem umfassenden Einsatz dieser Materialien stehen momentan einerseits ihre hohen Kosten, andererseits der Mangel an Wissen bei den entsprechenden Fachleuten zu ihrer Verwendung im Wege. Durch die Entwicklung neuer Herstellungsverfahren ist es sehr wahrscheinlich, dass die Kosten für Aerogel-Dämmstoffe in Zukunft deutlich sinken werden. Daher ist es umso wichtiger, dass die nötigen Informationen zum Potenzial und zu geeigneten Anwendungen dieser Materialien für Anwender gut verfügbar ist.

Im Rahmen der Förderung durch das BFE hat die Empa am IEA EBC Annex 65 Projekt teilgenommen, in welchem in einem internationalen Konsortium aus Forschung und Industrie Fachwissen zu Hochleistungsdämmstoffen erarbeitet und zusammengetragen wurde. Weiterhin wurden innerhalb des hier beschriebenen BFE-Projekts Anwendungen von Aerogel-Dämmstoffen in der Schweiz untersucht, dokumentiert und auf einer neuen Webseite, www.aerogelanwendungen.ch, dem Fachpublikum zugänglich gemacht. Die Empa hat zudem zu verschiedenen Veranstaltungen zur Information von Fachleuten zum Thema Hochleistungsdämmstoffe aktiv beigetragen bzw. diese organisiert. Weiterhin wurde das Messverfahren für Dämmstoffe nach EN 12667 auf die Besonderheiten von flexiblen Aerogel-Produkten leicht angepasst.

Dadurch sind Informationen zu Aerogel- und Hochleistungsdämmstoffen für Fachplaner, Ausführende und Architekten, sowie interessierten Laien einfacher zugänglich geworden, sodass die Möglichkeiten, welche Hochleistungsdämmstoffe zur Steigerung der Energieeffizienz bieten, besser genutzt werden können.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
Inhaltsverzeichnis	4
1. Ausgangslage und Zielsetzung.....	5
2. Stand der Technik Hochleistungsdämmstoffe	5
2.1. Projekttreffen IEA EBC Annex 65	5
2.2. Projektergebnisse IEA EBC Annex 65	6
3. Aerogel-Anwendungen in der Schweiz	6
3.1. Aerogel-Produkte und Anwendungen	6
3.2. Webseite zu Aerogel-Anwendungen.....	9
3.3. Industry Briefing Aerogel	9
3.4. Konferenzen.....	9
3.5. Fachinformationsveranstaltungen	9
4. Qualitätskontrolle Aerogel-Dämmstoffe.....	9
4.1. Hintergrund thermische Eigenschaften Hochleistungsdämmstoffe	9
4.2. Angepasstes Messverfahren für Hochleistungsdämmstoffe	10
4.3. Anwendung P&D-Projekt „Hohlstrasse 100“.....	11
5. Ausblick	12
Referenzen	12



1. Ausgangslage und Zielsetzung

Aerogel-Dämmstoffe haben Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von 15 bis 20 mW/(m·K), bzw. bis ca. 30 mW/(m·K), wenn man Aerogel-Dämmputze mit einschliesst. Somit dämmen Aerogele ungefähr doppelt so gut wie konventionelle Dämmstoffe und es ist nur etwa die Hälfte der üblichen Dämmstärke erforderlich. Dadurch haben diese Materialien ein grosses Potenzial bei Sanierungen von Altbauten, bei Neubauten in verdichteten Gebieten sowie bei der Lösung von architektonischen Details. Bisher haben Aerogele jedoch eher eine Nischenposition im Bereich der Dämmmaterialien, was zum einen auf ihre hohen Kosten zum anderen aber auf einen Mangel an Wissen zu den Möglichkeiten dieser Materialien zurückzuführen ist. Während die Entwicklung günstigerer Produktionsmethoden von Aerogel Gegenstand von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei verschiedenen Instituten und Firmen ist, war es Ziel dieses Projekts, Wissen zum Thema Hochleistungsdämmstoffe allgemein und Aerogel im Speziellen zusammenzutragen und Forschern und Fachleuten zugänglich zu machen.

Dieses Ziel wurde durch die Teilnahme der Empa an dem IEA EBC Annex 65 Projekt zum Thema „Langzeitfunktionalität von Hochleistungsdämmstoffen in Bauteilen und Systemen“, durch die Untersuchung und Beschreibung von Aerogel-Anwendungen in der Schweiz, durch Informationsveranstaltungen für Fachleute sowie durch die Weiterentwicklung von Charakterisierungsmethoden der thermischen Eigenschaften von Aerogel-Dämmstoffen verfolgt.

Die einzelnen Massnahmen des Projekts werden im Folgenden beschrieben.

2. Stand der Technik Hochleistungsdämmstoffe

Ziel des IEA EBC Annex 65 Projektes ist es, das den Stand der Technik zu Hochleistungsdämmstoffen zusammenzutragen und zu dokumentieren. Weiterhin sollen Richtlinien für die Verwendung dieser Materialien gegeben, sowie Standartisierung und Qualitätssicherung unterstützt werden. Insgesamt wird eine grössere Bekanntheit sowie Akzeptanz von Hochleistungsdämmstoffen angestrebt, damit die Möglichkeiten von Hochleistungsdämmstoffen genutzt werden können, um zur Energiewende beizutragen.

Gefördert durch das BFE hat die Empa an diesem Annex Projekt teilgenommen, um ihr eigenes Wissen zu Hochleistungsdämmungen zu einzubringen und zu erweitern.

2.1. Projekttreffen IEA EBC Annex 65

Die Empa hat an den folgenden Sitzungen des IEA EBC Annex 65 teilgenommen, vertreten durch Samuel Brunner und/oder Jannis Wernery:

- 1. Plenumssitzung IEA Annex 65, 25. Februar 2015, München, Deutschland. Vortrag Samuel Brunner zu Aerogel-Anwendungen in der Schweiz.
- 2. Plenumssitzung IEA Annex 65, 21.-22. September 2015, Nanjing, China.
- 3. Plenumssitzung IEA Annex 65, 25.-26. Februar 2016, Turin, Italien.
- 4. Plenumssitzung IEA Annex 65, 19.-20. September 2016, Göteborg, Schweden.
- 5. Plenumssitzung IEA Annex 65, 28.-29. März 2017, Osaka, Japan.



– Abschlusssitzung IEA Annex 65, 19. September 2017, Paris, Frankreich.

In diesen Sitzungen wurden die Aktivitäten des Projektes koordiniert, Fachwissen ausgetauscht, sowie dessen Dokumentation begleitet.

2.2. Projektergebnisse IEA EBC Annex 65

Der Stand der Technik wird in dem Endbericht des IEA EBC Annex 65 Projekts festgehalten. Dieser soll Anfang 2018 publiziert werden. Der Bericht behandelt die folgenden Themen:

Hochleistungsdämmstoffe, hochentwickelte poröse Materialien („advanced porous materials“), Vakuumisulationspaneele, Produkte & Komponenten, Fallstudien, Lebenszyklusanalysen.

3. Aerogel-Anwendungen in der Schweiz

Begleitend zu der Technik- und Forschungsorientierten Dokumentation im Annex Programm, wurden die praxisnahen Aspekte von Hochleistungsdämmstoffen untersucht, um das entsprechende Wissen den Fachleuten im Baubereich zur Verfügung zu stellen. Dazu wurden Anwendungen von Aerogel in der Schweiz untersucht und das Wissen und die Erkenntnisse, die aus diesen Untersuchungen sowie aus der Arbeit im Rahmen des IEA EBC Annex 65 Projekt resultiert sind, im Rahmen diverser Fachveranstaltungen kommuniziert. Weiterhin wurde eine Webseite eingerichtet, auf welcher sich Fachleute über Anwendungen von Aerogel-Dämmstoffen, auf deutsch, informieren können. Die deutsche Sprache ist hier unserer Meinung nach ein sehr wichtiges Kriterium, da die wissenschaftliche Literatur zum Thema Hochleistungsdämmungen hauptsächlich auf Englisch verfasst ist.

3.1. Aerogel-Produkte und Anwendungen

Der Stand von Aerogel-Hochleistungsdämmstoffen in der Schweiz wurde anhand der aktuell verfügbaren kommerziellen Produkte und deren Anwendungen in der Praxis untersucht. Die Arbeiten wurden im Rahmen des Status-Seminars 2016 in Zürich in Form eines Vortrages, eines Posters und eines Artikels [1] publiziert, welcher im folgenden kurz zusammengefasst wird.

Aerogel-Dämmstoffe sind dampfdiffusionsoffene, hochporöse Materialien mit sehr tiefen Wärmeleitfähigkeiten zwischen 14 und 19 mW/(m·K). Durch Recherchen und Gespräche mit Herstellern, Vertrieb und Verarbeitern von Aerogel-Materialien wurde die Verwendung von Aerogel-Materialien in der Schweiz umfassend untersucht. Die in der Schweiz kommerziell erhältlichen Aerogel-Produkte für den Baubereich wurden in die fünf Materialkategorien – Granulat, Matten, Platten, Dämmputz und transluzente Elemente – eingeteilt. Die Eigenschaften der einzelnen Produkte wurden zusammengefasst und verglichen: Wärmeleitfähigkeit, Brandklasse, Dampfdiffusionswiderstandszahl, Dichte, empfohlene Anwendung und Verarbeitung – siehe Tabelle 1. Für die einzelnen Materialkategorien wurden die geeigneten Anwendungen beschrieben, d.h. für welche Situation am Bau ein Material am sinnvollsten eingesetzt wird. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere bei Sanierungen älterer Gebäude durch Aerogel-Materialien verschiedene anspruchsvolle Anforderungen am Bau gleichzeitig erfüllt werden können, was mit konventionellen Dämmstoffen nicht möglich ist.

Unterstützt wurden diese Illustrationen durch Beispielobjekte der in Schweiz erhältlichen Produkte. Diese zeigten jeweils den Nutzen auf, welcher durch die Verwendung von Aerogel-Dämmstoffen im



Vergleich zu konventionellen Materialien entstand. Es wurden Beispielobjekte für Aerogel-Granulat im Zweischalenmauerwerk, für Aerogel-Matten und Platten als WDVS, für Aerogel-Dämmputze sowie für transluzente Elemente beschrieben. Die Dokumentation von Beispielobjekten hat sich somit als sehr fruchtbar für den Erkenntnisgewinn gezeigt und soll im nächsten Jahr fortgesetzt werden.

Nicht zuletzt wurde der finanzielle Vorteil beschrieben, welcher durch die Verwendung von Aerogel-Dämmung bei Neubauten im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen entsteht. Das liegt daran, dass die verfügbare Baufläche kann durch eine schlankere Dämmung besser ausgenutzt werden kann. Der Nutzflächenpreis, welcher die Mehrkosten von Aerogel im Vergleich zu einem konventionellen Dämmstoff kompensiert, liegt je nach Gebäudegeometrie bei ca. 10'000 CHF/m².

Ein weiterer kurzer Artikel zur Anwendung von Hochleistungsdämmstoffen in der Schweiz wurde 2015 an der CISBAT in Lausanne vorgestellt [2].



Tabelle 1: Technische Eigenschaften von Aerogel-Hochleistungsdämmstoffen.

	λ (mW/(m·K))*	Brandklasse*	μ^*	Dichte (kg/m ³)*	empfohlene Anwendung	Verarbeitung
Granulat Cabot	~19 (Schüttung)	n.a.	Keine Angabe	65-85 (Schüttung)	· Zweischalenmauerwerk · Hohlraumdämmung	u.U. hohe Staubentwicklung
Granulat Enersens	18-20 (Schüttung)	n.a.	4-5	60-90 (Schüttung)	· Zweischalenmauerwerk · Hohlraumdämmung	u.U. hohe Staubentwicklung
Fixit Dämmputz	28	A2s1d0	4-5	220 (trocken)	· Dämmung innen und aussen · unebene Oberflächen	mit Verputzmaschine
HAGATHERM Typ Aerogel	29	nicht getestet**	4-6	220 (trocken)	· Dämmung innen und aussen · unebene Oberflächen	mit Verputzmaschine oder von Hand
Aspen Spaceloft	14-15	Cs1d0	5	150	· Innendämmung · WDVS	Staubentwicklung
Heck Aero	17	A2s1d0	3	230	· WDVS · Innendämmung	Staubentwicklung
Sto Aevero	16	Ds1d0	10	> 150	· Innendämmung · Details im Aussenbereich	geringe Staubentwicklung
	U-Wert (W/(m ² ·K))*				empfohlene Anwendung	Verarbeitung
Okagel	0.3-0.6				· Oberlicht · Fassadenelement	keine Staubentwicklung

* Herstellerangabe

** Vermutlich A2, da das Aerogel-Granulat mineralisch gebunden ist (Kalk, Zement).



3.2. Webseite zu Aerogel-Anwendungen

Aufbauend auf das Wissen zu Aerogel-Dämmstoffen und ihrer Anwendung, welches im Rahmen dieses Projekts erarbeitet wurde, hat die Empa die Webseite www.aerogelanwendungen.ch erstellt, welche sich an potentielle Nutzer von Hochleistungsdämmstoffen richtet, d.h. insbesondere an Ausführende, Architekten und Fachplaner. Die Webseite gibt einen Überblick über in der Schweiz verfügbare Aerogel-Produkte, welche in die Produktarten Granulat, Matten, Platten, Putz und transluzente Elemente aufgeteilt ist. Weiterhin zeigt sie Anwendungsobjekte aus der Schweiz und dem Ausland für jede der Produktarten. Sie bietet Rechenhilfen für die Bestimmung der geeigneten Dämmstärke – auch in Abhängigkeit von einem bereits bestehenden Wärmeschutz, was insbesondere für die Sanierung relevant ist.

3.3. Industry Briefing Aerogel

Am 24. Februar 2015 hat die Empa ein halbtägiges Industry Briefing zu Aerogel organisiert. Vortragende aus Akademie, Industrie und Regulation diskutierten die Anwendungen, das Potenzial, sowie mögliche Risiken von Aerogel als Dämmmaterial, sowie den Umgang mit diesen. Die Vorträge können online nachgelesen werden [3].

3.4. Konferenzen

Die Empa leitete in den Jahren 2015 und 2017 jeweils einen Abschnitt bei der Advanced Building Skins Konferenz in Bern zum Thema Hochleistungsdämmstoffe.

In diesem Jahr wurden dabei auch Ergebnisse von Mitarbeitern des IEA EBC Annex 65 Projekts aus Schweden präsentiert.

3.5. Fachinformationsveranstaltungen

Seit 2016 trägt die Empa zu einem jährlichen Kurs des energie-clusters zum Thema Hochleistungsdämmstoffe bei. Dieser informiert Fachleute zu entsprechenden Praxisfragen.

Weiterhin ist die Empa aktives Mitglied in der Innovationsgruppe Hochleistungswärmedämmungen, welche ebenfalls vom energie-cluster organisiert wird und welche sich halbjährlich an der Empa trifft.

Informationen zu beiden Veranstaltungen sind zu finden unter www.energie-cluster.ch.

4. Qualitätskontrolle Aerogel-Dämmstoffe

4.1. Hintergrund thermische Eigenschaften Hochleistungsdämmstoffe

Aufgrund der niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Aerogel-Dämmstoffen und ihrer hohen Kosten haben die Verlässlichkeit der Materialeigenschaften und ihre Kontrolle besondere Bedeutung. Während bei konventionellen Dämmstoffen Abweichungen von einigen Milliwatt pro Meter und Kelvin bei der Wärmeleitfähigkeit oder von einigen Millimetern bei der Materialstärke in der Regel verhältnismässig geringe Konsequenzen auf die thermischen Eigenschaften eines Bauteils haben, können ähnliche

Abweichungen bei Hochleistungsdämmstoffen sehr starke Auswirkungen auf den Wärmeschutz haben. Bei der Anwendung der üblichen Messmethoden für Dämmstoffe auf Hochleistungsdämmstoffe sollte dieser Umstand berücksichtigt werden.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde die Wärmeleitfähigkeitsmessung für Baustoffe nach EN 12667 leicht angepasst, um möglichst repräsentative Messergebnisse für Aerogel-Matten zu erreichen. Das modifizierte Messverfahren wurde für die Qualitätskontrolle der verwendeten Aerogel-Matten und Aerogel-Platten beim P&D-Projekt "Nachhaltiges, innerstädtisches Gesamtprojekt Hohlstrasse 100, Zürich" angewandt, welches auch vom BFE gefördert wird.

4.2. Angepasstes Messverfahren für Hochleistungsdämmstoffe

Die übliche Norm für wärmetechnische Eigenschaften von Baustoffen, EN 12667, stellt sich für die Aerogel-Matten und -Platten als nicht ganz geeignet heraus.

Aerogel-Matten und die Aerogel-Platten, welche aus der Verklebung von Aerogel-Matten hergestellt werden, basieren auf einem Vlies, welches im Herstellungsprozess mit einem flüssigen Gel getränkt wird, das dann zum Aerogel getrocknet wird. Dadurch resultiert ein Material, das eine mässige Komprimierbarkeit vorweist und mit dieser Eigenschaft zwischen einer sehr komprimierbaren Mineralwolle und einer eher starren Schaumplatte (z.B. EPS oder PUR) liegt. Weiterhin werden Aerogel-Matten üblicherweise in geringeren Stärken angewendet als konventionelle Dämmstoffe (oft ca. 10-40 mm Stärke). Aufgrund der hohen Dämmwirkung hängt die Messung der Wärmeleitfähigkeit bei diesen Aerogel-Dämmstoffen empfindlicher von der Dicke ab als bei konventionellen Dämmstoffen: eine kleine Ungenauigkeit in der Dickenmessung führt zu einer relative grossen Verzerrung der Wärmeleitfähigkeit.

Die Norm EN 12667 legt als relevante Dicke die vorgegebene Dicke beim Einrichten der Heizplatte oder die gemessene Dicke des Prüfkörpers zu Beginn der Prüfung fest. Für einen starren Prüfkörper wird dies umgesetzt, indem die Dicke des Prüfkörpers mit einer Standard-Stahlplatte von 250 Pa als Beschwerung gemessen wird. Bei flexiblen Aerogel-Matten würde bei der anschliessenden Messung der Wärmeleitfähigkeit das Gewicht des Zweiplattenmessgeräts aber zu einer weiteren Kompression führen. Dadurch würde sich die Messung der Wärmeleitfähigkeit verzerren. Einerseits würde durch die Kompression die Dämmleistung des Materials um einen materialabhängigen Faktor erhöht, da die meisten Dämmmaterialien mit zunehmender Dichte bessere Dämmwirkungen entfalten. Andererseits würde aber aus der gemessenen Dämmleistung (R-Wert) mit der vor der Messung bestimmten Dicke eine zu hohe Wärmeleitfähigkeit errechnet werden. Es kann nicht einfach abgeschätzt werden, ob die beiden Effekte sich kompensieren oder nicht.

Es wurde deswegen das folgende Vorgehen für die Messung von Aerogel-Dämmplatten entwickelt:

- i. Bestimmung der effektiven Dicke mit geringer Kompression durch Auflage einer Standard-Stahlplatte, 250 Pa. Dies dient hauptsächlich dem Schaffen einer flachen Oberfläche für die Dickenmessung.
- ii. Abrunden des gemessenen Werts auf erste Nachkommastelle in mm. So wird sichergestellt, dass das Material bei der anschliessenden Messung einen guten Kontakt mit den Platten des Messgeräts hat.
- iii. Einstellen einer Unterstützung des Zweiplatten-Messgeräts auf die abgerundete Dicke.
- iv. Anschliessende Messung der Wärmeleitfähigkeit nach EN 12667.

Zur Unterstützung wurden Holzklötzchen und metallische Messstreifen für Dickenmessungen (> 0.1 mm) verwendet. So kann bis auf 0.1 mm genau die Höhe eingestellt werden – je nach effektiver Dicke der Probe. Die Anwendung ist in Abbildung 1 illustriert.

Es wurden Holzklötzchen zusammen mit dünnen metallischen Messstreifen als Unterlage verwenden, da bei der Verwendung einer rein metallischen Unterstützung ein thermischer „Kurzschluss“ der warmen und kalten Seiten des Zweiplatten-Messgeräts eintreten würde. D.h. die Wärme würde von der warmen Platte durch die Unterstützung zu den kalten Platten fließen und nicht durch die zu messende Probe.

Im Weiteren ist die hier vorgeschlagene Messmethode besser geeignet als die Messung unter voller Last des Zweiplattengeräts, da die Randbedingungen so eher den Anwendungsbedingungen am Bau entsprechen: am Bau werden die Materialien in der Regel nicht unter Last verarbeitet, somit ist die Wärmeleitfähigkeit im unkomprimierten Zustand repräsentativer.



Abbildung 1: Links: Holzklötzchen mit Metallstreifen bekannter Dicke zur Unterstützung neben einer Spaceloft-Probe (in einer Plastikhülle). Rechts: Heizplatte des Zweiplattengeräts zwischen zwei Spaceloft-Proben, welche mit Holzklötzchen und Metallstreifen unterstützt sind. Das hohe Gewicht des Plattengeräts wird über die Unterstützungen abgetragen, nicht über den Prüfkörper.

4.3. Anwendung P&D-Projekt „Hohlstrasse 100“

Mit dem beschriebenen Messverfahren wurde die Wärmeleitfähigkeit der Produkte Multitherm AERO und Spaceloft für das Projekt „Nachhaltiges, innerstädtisches Gesamtprojekt Hohlstrasse 100, Zürich“ bestimmt. Die Messungen sind Teil jenes Projekts, dienen aber auch als Anwendung der veränderten Messmethode. Die folgenden Messergebnisse wurden erreicht:

Produkt	Anzahl Proben	Nennstärke (mm)	Deklarierte WLF (mW/(m·K))	Median gemessene WLF (mW/(m·K))	Messbereich WLF (mW/(m·K))
Spaceloft	10	10	14.0	16.3	15.7 – 16.8
Heck AERO	6	10	17.0	18.7	18.1 – 20.0
Heck AERO	6	20	17.0	18.8	18.7 – 19.2

Leider liegen die Messwerte in allen Messungen über den deklarierten Werten, teilweise deutlich. Die Messungen zeigen auf, wie wichtig die Qualitätskontrolle bei Hochleistungsdämmstoffen ist. Selbstverständlich sollten die Messungen in weiteren Projekten wiederholt werden, um abzuklären, ob

es sich um einen Einzelfall einer schlecht hergestellten Charge ist oder ob es sich um ein weitreichenderes Qualitätsproblem handelt.

5. Ausblick

Die Arbeiten zu Anwendungen von Aerogel-Dämmstoffen haben gezeigt, dass diese neue Materialien grosses Potenzial in der Anwendung im Bau haben, insbesondere bei Sanierungen und Neubauten in baulich dichten Gebieten. Einer verstärkten Ausnutzung dieses Potenzials stehen die hohen Kosten der Produkte sowie ein Mangel an Fachwissen zu Verarbeitung, Risiken und Nutzen bei den entsprechenden Anwendern im Wege. Betreffend des ersten Punkts gibt es im internationalen Forschungsumfeld verschiedene Arbeiten hin zu einer günstigeren Produktion von Aerogel, insbesondere auch von der Empa [4], [5], sodass vieles dafür spricht, dass in Zukunft Aerogele zu deutlich günstigeren Preisen erhältlich sein werden. Zum zweiten Punkt hat dieses Projekt einen wichtigen Fortschritt geleistet, indem es die Vertretung der Empa im IEA EBC Annex 65 Projekt sowie die Erstellung einer unabhängigen Informationswebseite für Aerogel-Dämmstoffe ermöglicht hat. Die Rolle der Empa als Wissensvermittler und Unterstützer sollen zu diesem Thema fortgesetzt und ausgebaut werden.

Referenzen

- [1] J. Wernery, S. Brunner, und M. Koebel, «Aerogel-Hochleistungsdämmstoffe: Systeme und Anwendungen», in *19. Status-Seminar «Forschen für den Bau im Kontext von Energie und Umwelt»*, Zürich, 2016, Bd. 19. Status-Seminar «Forschen für den Bau im Kontext von Energie und Umwelt».
- [2] S. Brunner, J. Wernery, und M. M. Koebel, «High performance thermal insulation - examples from the Swiss built environment», in *Proceedings of International Conference CISBAT 2015*, Lausanne, 2015, S. 39–44.
- [3] «Aerogel Industry Briefing». [Online]. Verfügbar unter: <https://events.empa.ch/Veranstaltungsarchiv/2015/event.php?vnr=5609fbb-122>. [Zugegriffen: 05-Dez-2017].
- [4] «Empa - 604 - Communication - aerogel». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.empa.ch/de/web/s604/aerogel>. [Zugegriffen: 05-Dez-2017].
- [5] L. Huber, S. Zhao, W. J. Malfait, S. Vares, und M. M. Koebel, «Fast and Minimal-Solvent Production of Superinsulating Silica Aerogel Granulate», *Angew. Chem. Int. Ed.*, S. n/a-n/a, Jan. 2017.