

APPLICATION NOTE

Isolierstoffe – Heat-Flow Meter

Thermophysikalische Eigenschaften einer Hanf-Dämmschüttung

Fabia Beckstein, Applications Laboratory Selb

Einleitung

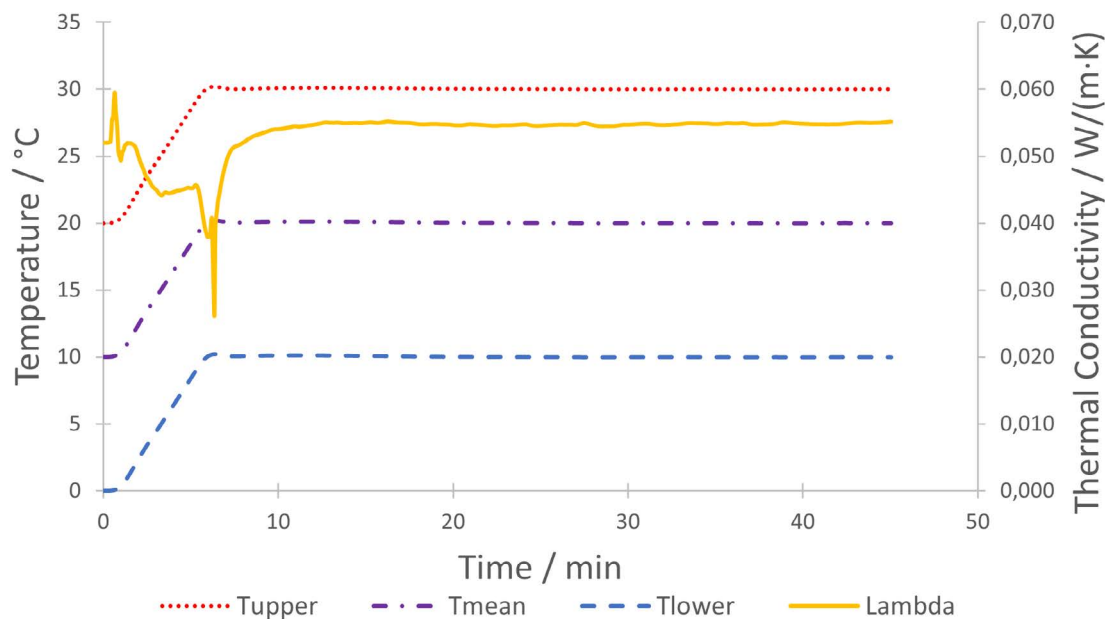
Klassische Dämmstoffe wie expandiertes Polypropylen oder Steinwolle liegen meist in Form von Plattenmaterial vor. Aber auch Einblasdämmung oder Dämmschüttungen für Fußböden und Dächer sind weit verbreitet und von großer Bedeutung.

Ein Beispiel hierfür ist eine Dämm- und Ausgleichsschüttung auf Basis von bituminierten Hanfstängeln. Neben den mechanischen und verarbeitungstechnischen Vorteilen spielen auch die thermophysikalischen Eigenschaften des Materials eine entscheidende Rolle für dessen Leistungsfähigkeit. Die Wärmeleitfähigkeit bestimmt, wie effektiv Wärme durch die Schicht transportiert oder zurückgehalten wird, was für Energieeffizienz und Wohnkomfort von großer Bedeutung ist. Die spezifische Wärmekapazität gibt darüber hinaus Aufschluss darüber, wie viel Wärme das Material speichern und zeitverzögert wieder abgeben kann. Eine genaue Kenntnis dieser Eigenschaften ist daher unerlässlich, um den Fußbodenaufbau optimal auszulegen und bauphysikalische Anforderungen zuverlässig zu erfüllen.

Methode

Die Charakterisierung der thermophysikalischen Eigenschaften von Schüttgütern wie Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität stellt viele Messsysteme vor Probleme. Eine Herausforderung liegt in der Schüttgutform, eine weitere in der vergleichsweise hohen Inhomogenität des Materials.

Es ist bekannt, dass die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen mittels HFM (Heat Flow Meter) Methode schnell und präzise bestimmt werden kann. Dabei wird eine in der Regel feste Probe zwischen eine heiße und eine kalte Platte gelegt und diese jeweils auf einer bestimmten Temperatur gehalten. Der daraus resultierende Wärmefluss wird über Wärmeflussensoren gemessen. Zusammen mit der Probendicke und den zuvor ermittelten Kalibrierfaktoren wird die Wärmeleitfähigkeit der Probe an verschiedenen Temperaturpunkten bestimmt. Ein typisches Temperaturprofil inkl. Wärmeleitfähigkeit ist in Abbildung 1 dargestellt.

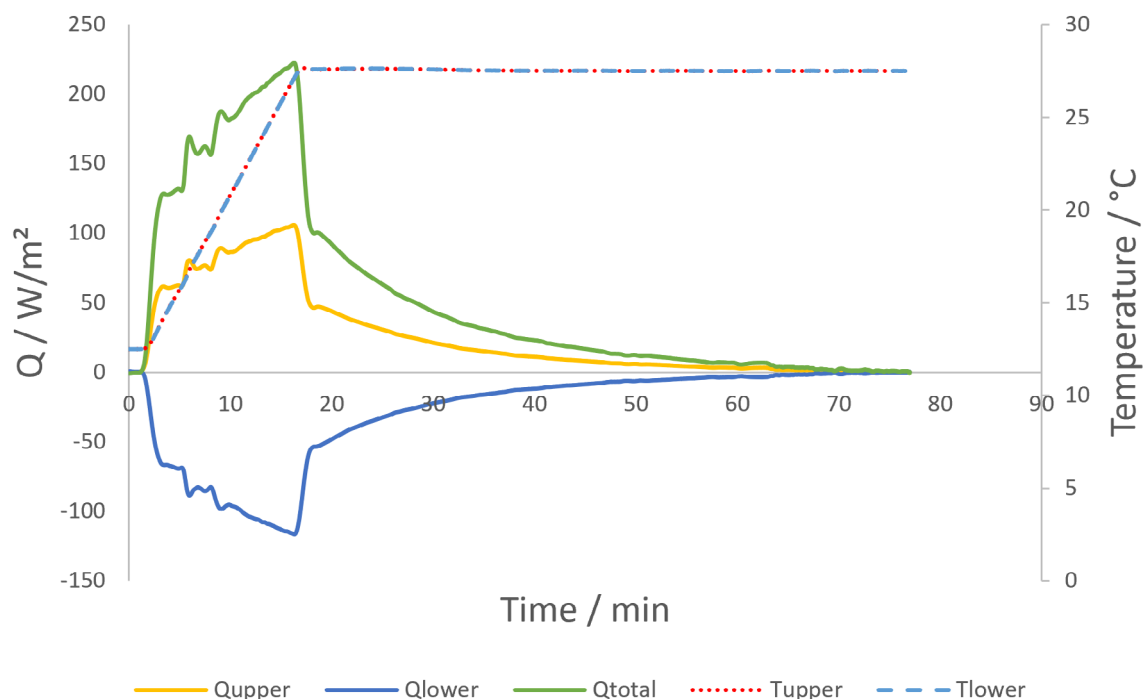


1 Temperaturprofil bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit an einem Temperaturpunkt mittels HFM inkl. aktueller Wärmeleitfähigkeit

Lose Dämmstoffe in Form von Schüttgütern werden in einem Rahmen mit dünnem Boden in gleicher Weise wie plattenförmige Dämmstoffe gemessen. Der Boden ist so dünn, dass sein thermischer Widerstand als vernachlässigbar angesehen werden kann. Der Rahmen liegt weit außerhalb der Messfläche, sodass er die Messung nicht beeinflusst.

Für die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität findet meistens die DSC (Differenzkalorimetrie) Methode Verwendung. Die Probengröße ist jedoch mit einem Durchmesser von ca. 4 mm und einer Dicke von nur 1 mm für Dämmstoffe vergleichsweise klein. Des Weiteren ist für eine präzise Messung eine hohe Einwaage und ein guter Kontakt zwischen Probe und Probentiegel unerlässlich. Diese drei Aspekte machen die Messung der spezifischen Wärmekapazität von Dämmschüttungen mit der DSC-Methode ungünstig und schwierig. Das HFM bietet für diese Art von Proben die richtige Lösung.

Im HFM kann ein großes Volumen (z.B. mehrere Liter) untersucht werden. Das macht die Messung repräsentativ. Des Weiteren ist die Methode stationär und im Fall der Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität ist der Kontakt zwischen den Platten und der Probe nicht so kritisch wie z.B. bei der DSC-Messung. Bei der c_p -Bestimmung werden beide Platten so lange auf der gleichen Temperatur gehalten (Zero ΔT), bis der Wärmefluss gleich Null ist. Anschließend wird für beide Platten ein Temperatursprung von z.B. 10 K initiiert und auf der Endtemperatur wieder gewartet, bis der Wärmefluss Null ist. Die während des Temperatursprungs eingebrachte Wärme ist ein Maß für die spezifische Wärmekapazität der Probe. Das Temperaturprofil einer solchen Messung ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei ist Q_{upper} der Wärmefluss durch den Sensor der oberen Platte, Q_{lower} der Wärmefluss durch den Sensor der unteren Platte und Q_{total} der Betrag aus beiden Sensoren. Zur Berechnung der spezifischen Wärmekapazität wird die Fläche unter Q_{total} verwendet.



2 Temperaturprofil und Wärmefluss bei der Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität an einem Temperaturpunkt mittels HFM

Experimenteller Teil

Normalerweise liegen die Dämmstoffe für HFM-Messungen in Plattenform vor. Jedoch gibt es auch häufig Dämmstoffe als Schüttgut, z.B. den hier untersuchten Dämmstoff auf Basis von bituminierten Hanfstängeln, siehe Abbildung 3.

Auch an diesen Materialien können die Wärmeleitfähigkeit und die spezifische Wärmekapazität bestimmt werden. Für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit wird das Schüttgut in einen Rahmen gefüllt. Dieser ist außerhalb der Messfläche und ist somit bei der Messung vernachlässigbar. Außerdem kann aufgrund der definierten

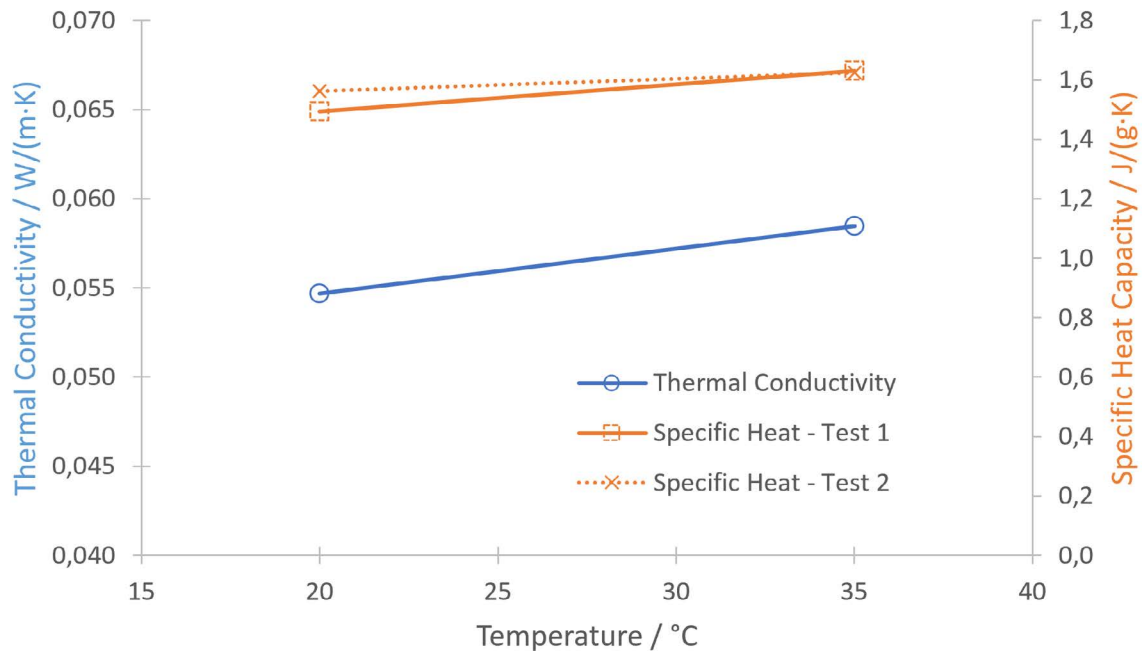
Geometrie auch die Dichte bestimmt werden. Die Dichte bzw. Verdichtung des Materials hat einen erheblichen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit und sollte bei Dämmstoffen im Allgemeinen immer mit notiert werden, um Ergebnisse vergleichen zu können. Bei der spezifischen Wärmekapazität hingegen kann ein Rahmen aufgrund seiner Masse, die bei der stufenweisen Messung ebenfalls mit aufgeheizt wird, einen nicht zu vernachlässigbaren Einfluss auf die Messung haben. Aus diesem Grund wird das Schüttgut in einen sehr dünnen Plastikbeutel gepackt. Die Masse des Plastikbeutels ist dabei um ein Vielfaches kleiner als die Masse der Probe und somit vernachlässigbar. Die weiteren Messbedingungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.



3 Dämmschüttung aus bituminierten Hanfstängeln

Tabelle 1 Messbedingungen für Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität der Dämmschüttung aus bituminierten Hanfstängeln

	Wärmeleitfähigkeit	Spezifische Wärmekapazität
Hilfsmittel	Rahmen	Plastikbeutel
Dichte während der Messung	$\sim 178 \text{ kg/m}^3$	k.A.
Probeneinwaage	$\sim 693 \text{ g}$	$\sim 693 \text{ g}$
Temperaturprogramm	$20^\circ\text{C} + 35^\circ\text{C}, \Delta T = 20 \text{ K}$	$20^\circ\text{C} + 35^\circ\text{C}, \Delta T = 15 \text{ K}$



4 Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität von bituminierten Hanfstängeln als Schüttgut

Ergebnisse

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität von bituminierten Hanfstängeln als Schüttgut. Die Wärmeleitfähigkeit der bituminierten Hanfstängel-Dämmschüttung steigt mit zunehmender Temperatur leicht an, was dem für Dämmstoffe typischen Temperaturverhalten entspricht. Die spezifische Wärmekapazität liegt in beiden Wiederholmessungen (Test 1 und Test 2) konsistent im Bereich von etwa 1.500 bis 1.630 J/(g·K) und zeigt ebenfalls eine leichte Zunahme mit der Temperatur. Die ermittelten Werte liegen im für biobasierte, bituminierte Schüttdämmstoffe üblichen und zu erwartenden Bereich. Insgesamt bestätigt die Messung eine für Naturfaser-Dämmschüttungen typische, moderate Wärmeleitfähigkeit mit guter thermischer Speicherfähigkeit.

Zusammenfassung

Die vorliegenden Messungen zeigen, dass das HFM 706 *Lambda Medium* eine besonders präzise und praxisnahe Bestimmung der thermophysikalischen Eigenschaften von schwer messbaren Dämmschüttungen wie bituminierten Hanfstängeln ermöglicht. Im Gegensatz zur DSC-Methode, deren kleine Probenmenge für inhomogene Schüttgüter ungeeignet ist, erlaubt das HFM durch sein großes Probenvolumen auch eine repräsentative und reproduzierbare Messung der spezifischen Wärmekapazität. Die stationäre Messmethode liefert dabei konsistente Ergebnisse für Wärmeleitfähigkeit (0,0547 bis 0,0584 W/(m·K)) und spezifische Wärmekapazität (1.500 bis 1.630 J/(g·K)) im temperaturabhängigen Verlauf, die gut mit den für biobasierte Dämmstoffe erwarteten Werten übereinstimmen. Damit erweist sich das HFM 706 als zuverlässige und für Schüttgüter besonders geeignete Alternative zu klassischen Prüfverfahren, um bauphysikalisch relevante Kenngrößen zuverlässig zu erfassen.