



Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte  
Bauphysik  
gemeinnützige Gesellschaft mbH

[www.aibau.de](http://www.aibau.de)



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München  
Bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle von  
Baustoffen und Bauteilen. Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet des  
Wärme- und Feuchteschutzes

[www.fiw-muenchen.de](http://www.fiw-muenchen.de)

# Langzeitverhalten feuchter Dämmstoffe auf Flachdächern Praxiserfahrungen und Wärmestrommessungen

## Kurzfassung

Mai 2018

Forschungsarbeit:	Aktenzeichen SWD – 10.08.18.7 – 15.27 Gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.
Bearbeitet durch:	AIBAU – Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen und FIW – Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V., München
Projektleiter:	Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöller, Dipl.-Ing. Christoph Sprengard
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Ralf Spilker Dr.-Ing. Sebastian Tremel Dipl.-Ing. Géraldine Liebert Rechtsanwalt Thomas Ziegler Prof. Dipl.-Ing. Matthias Zöller Dipl.-Ing. Martin Oswald M.Eng. Ramona Holland B.Eng. Chiara Cucchi M.Sc.

## 1 Einleitung

Bei Modernisierungsmaßnahmen im Bestand stellt sich häufig die Frage, inwieweit der Aufbau von Flachdachflächen erhalten werden kann oder zurückgebaut und gegebenenfalls ausgetauscht werden sollte. Ein Kriterium dabei ist der Zustand des Dämmstoffs. Feuchtigkeit ist häufig Anlass für Abriss und Entsorgung. Dabei sind eine überwiegende Anzahl der heute verwendeten Dämmstoffe auch über lange Zeiträume hinweg feuchtebeständig. Dies zeigen verschiedene Untersuchungen, die unter anderem auch vom AIBau durchgeführt wurden.

Die Druckstabilität (bzw. Druckspannung bei Prüfung mit festgelegter Stauchung) wird bei vielen Dämmstoffen nicht erheblich eingeschränkt. Der Wärmeschutz wird zwar durch Feuchtigkeit vermindert, er bleibt aber häufig noch immer so gut, dass er dem eines zwar dünneren, aber neuen, trockenen Dämmstoffs entspricht.

Der Forschungsbericht fasst aktuelle, praktische Erfahrungen mit dem Erhalt feuchter Dämmschichten zusammen und gibt die Ergebnisse von Labormessungen wieder, bei denen die Wärmeleitfähigkeit feuchter Dämmstoffe sowohl unter stationären wie auch unter instationären Bedingungen gemessen wurde.

## 2 Umfrage

Durch die Auswertung von ca. 100 Mitteilungen aus einer Umfrage unter ca. 1.400 öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen für Schäden an Gebäuden sowie des Dachdeckerhandwerks wurden Praxiserfahrungen gesammelt. In den letzten 10 Jahren hatten etwa ein Drittel der Sachverständigen, die geantwortet hatten, insgesamt 182 Fälle mit feuchten Dämmstoffen in Dachaufbauten zu bearbeiten. In lediglich 8 % der Fälle, in denen feuchte Dämmstoffe im Dach verblieben waren, sind nach der Überarbeitung der Abdichtung weitere Feuchteschäden aufgetreten.

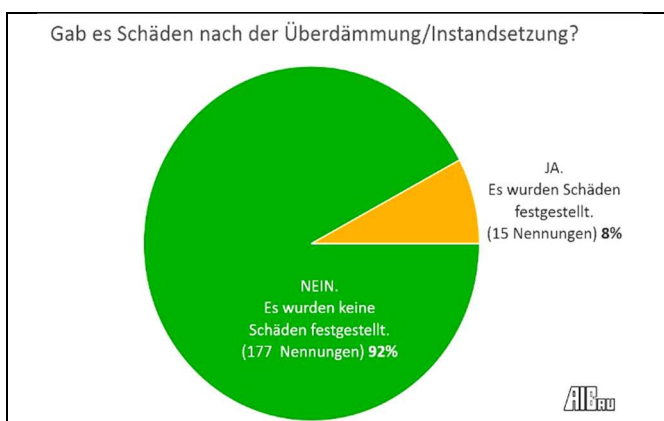


Bild 1:  
An den überdämmten Dächern traten in 8 % der Fälle erneut Schäden auf.

Die Schadensursachen lagen zum Teil in weiteren, bislang unentdeckten bzw. nicht abgedichteten Leckstellen sowie in Fehlern bei der Erstellung der neuen Abdichtung mit und ohne Zusatzdämmung. Der Verbleib der Dämmstoffe war in keinem der Fälle schadensursächlich.

### 3 Untersuchungen an Schadensfällen

Erfahrungsberichte mit feuchten Dämmstoffen werden im Bericht dokumentiert und kommentiert. Darüber hinaus konnten an sechs Dächern Dämmstoffe entnommen, ihr Feuchtegehalt im Labor ermittelt und teilweise auch die Wärmeleitfähigkeit gemessen werden. Dämmstoffe aus Schaumkunststoffen und Schaumglas waren, abgesehen von den teilweise sehr hohen Feuchtegehalten und den entsprechend höheren Wärmeleitfähigkeiten, druckstabil und gebrauchstauglich, obwohl sie teilweise mehrere Jahrzehnte im Dach lagen. Feuchte Mineralwolledämmschichten mit entsprechend langer Lebensdauer konnten nicht untersucht werden.



Bild 2:  
Dachaufbau mit alter, 12 cm dicker EPS-Dämmung unten und neuer, an der Öffnungsstelle ca. 26 cm dicker EPS-Gefälledämmung oben.



Bild 3:  
Öffnungsstelle in der Fläche mit stark durchfeuchteten PUR-Dämmstoffen unter der verbliebenen, alten Abdichtung aus Bitumendachbahnen



Bild 4:  
Ca. 5 cm dicke Dämmschicht aus Schaumglas. Wasser sickert nach Entfernen des Dämmstoffs nach.



Bild 5:  
Stark durchfeuchtete Mineralwolledämmung und Wasser auf der Dampfsperbahn

### 4 Labormessungen

Vom Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V., München, wurden Wärmeleitfähigkeitsmessungen an feuchten Dämmstoffen aus EPS, XPS, PUR und MW mit dem Wärmestrommessplattengerät durchgeführt. Der Grad der Durchfeuchtung wurde anhand von typischen, bei Schadensfällen gemessenen Feuchtegehalten gewählt und die Proben entsprechend vorkonditioniert. Die Messungen wurden sowohl mit konstanten Temperaturen auf der Warm- und Kaltseite, d. h. unter stationären

Bedingungen entsprechend der üblichen, normierten Messverfahren durchgeführt, als auch mit instationären Randbedingungen. Dafür wurde auf der Kaltseite ein typischer Tagesgang der Temperatur auf einer Flachdachoberfläche im Winter angelegt, d. h. die Temperaturen stiegen über 24 Stunden zunächst von  $-11\text{ °C}$  auf  $21\text{ °C}$  und fielen wieder auf  $-11\text{ °C}$ . Durch die instationären Temperaturbedingungen während der Messung wurde eine realitätsnahe Verteilung der Feuchte innerhalb des Dämmstoffs erzeugt.

Unter stationären Bedingungen sollten die Wärmeströme nach einer Einschwingphase, während der sich der Feuchtegehalt im Material entsprechend dem Temperaturgradienten umverteilt, relativ konstant sein. Während die Auswertung bei den Schaumkunststoffen unproblematisch war, ergaben sich bei der Mineralwolle auch nach langen Messzeiträumen deutlich schwankende Wärmeströme. Dieses Verhalten lässt auf anhaltende zyklische Änderungen der Feuchteverteilungen im Dämmstoff schließen.

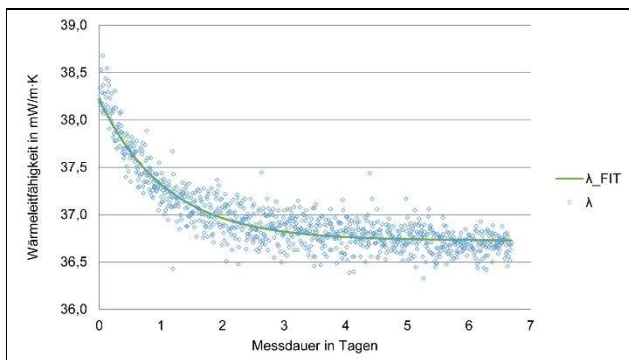


Bild 6:

Messwerte der Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Zeit und Regression bei Messung an einer EPS 1 Probe mit einem Feuchtegehalt von 1,94 Vol.-%

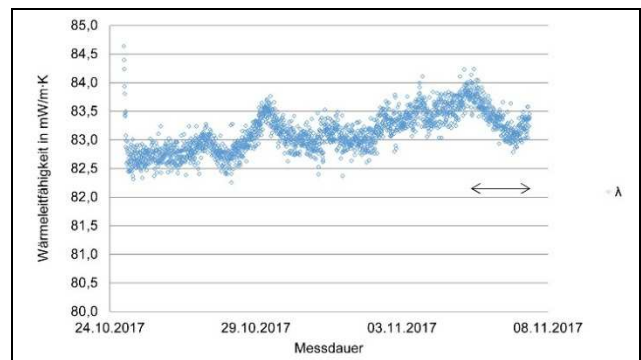


Bild 7:

Messwerte der Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Zeit bei Messung an einer Mineralwolle Probe mit einem Feuchtegehalt von 8 Vol.-% (Probe wurde vorkonditioniert)

Die Untersuchungen unter instationären Randbedingungen zeigen, dass an der Kalt- bzw. Oberseite der Dämmung bei auf der Außenseite ansteigenden Temperaturen aufgrund der thermischen Trägheit der Dämmschicht zunächst ein Wärmestrom von der Kaltseite in die Dämmung hinein zu verzeichnen ist, der sich erst ab der zweiten Tageshälfte mit fallenden Temperaturen wieder umkehrt. Außerdem weist der Wärmestromverlauf darauf hin, dass im Randbereich des Dämmstoffs zur Außenseite hin neben dem Wärmeenergiegewinn (von der Außen- zur Innenseite des Dämmstoffs) durch die Schmelzwärme auch beim Gefrieren der in den Außenschichten des Dämmstoffs enthaltenen Feuchte ein deutlicher Wärmeenergieverlust (von der Innen- zur Außenseite des Dämmstoffs) aufgrund der Kristallisationswärme entsteht.

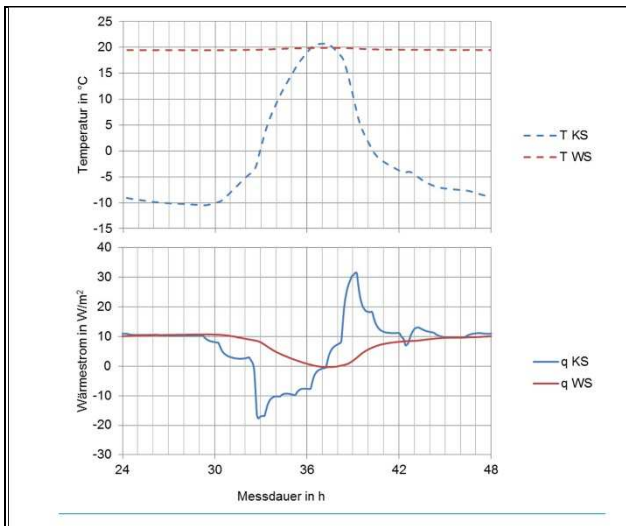


Bild 8:  
Messdaten für das Material EPS2 bei einem Feuchtegehalt entsprechend der Anlieferung (lufttrocken, 0,005 Vol.-%)

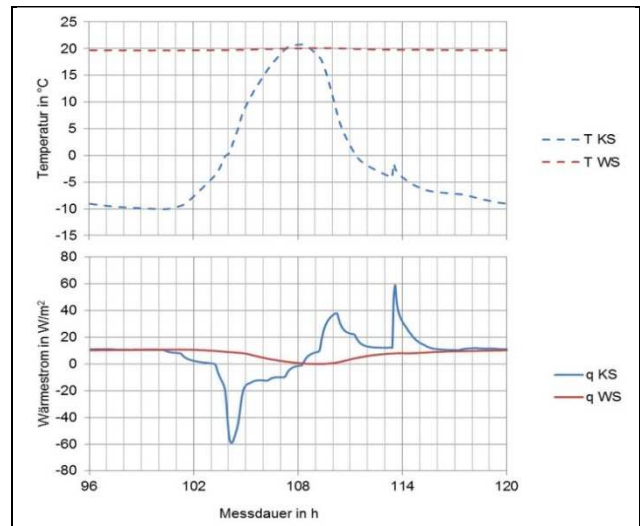


Bild 9:  
Messdaten für das Material EPS1 bei einem Feuchtegehalt von 1,7 Vol.-%

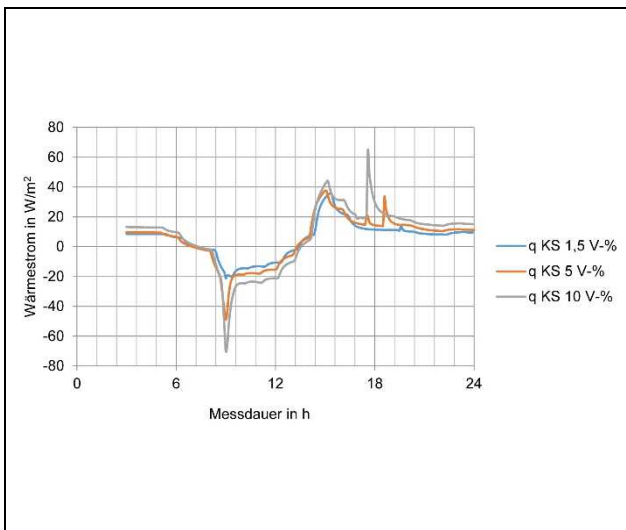


Bild 10:  
Messdaten für das Material PUR bei einem Feuchtegehalt von 1,5 Vol.-%, 5 Vol.-% und 10 Vol.-%

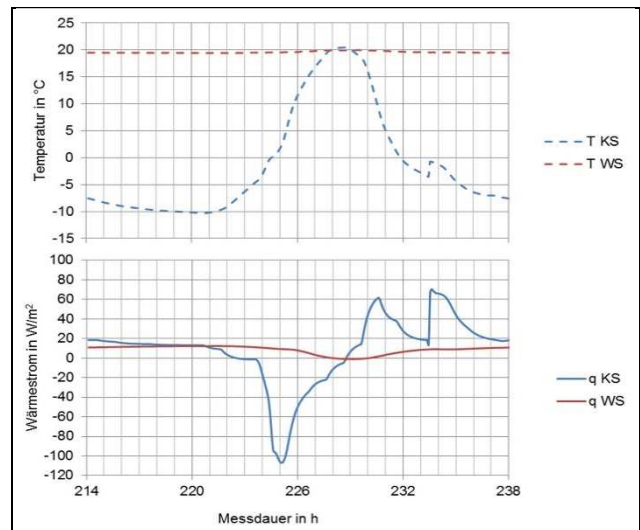


Bild 11:  
Messdaten für das Material MW bei einem Feuchtegehalt von 1,5 Vol.-%

Bilder 8 bis 11:

Messdaten zu Wärmestrom und Temperatur auf der Kalt- und Warmseite bei Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit im instationären Zustand; Oben: Temperaturen; Unten: Wärmeströme; jeweils für Kaltseite (KS, blau) und Warmseite (WS, rot)

Die Messungen haben gezeigt, dass die gemessenen Wärmeleitfähigkeiten zum Teil gegenüber den rechnerisch auf Grundlage der Feuchtezuschlagskoeffizienten nach DIN EN ISO 10456 zu ermittelnden Werten abweichen. Bei EPS und XPS wurden die Feuchtezuschlagskoeffizienten der DIN EN ISO 10456 bestätigt. Bei PUR war die Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit geringer als berechnet. Bei Mineralwolle hoher Rohdichte lagen die Wärmeleitfähigkeiten teilweise deutlich über den nach DIN EN ISO 10456 rechnerisch ermittelbaren und bildeten einen degressiven Verlauf statt eines exponentiell-progressiven. Insbesondere beim letztgenannten Dämmstofftyp sollten die Feuchtezuschläge der Norm differenziert werden. Für praktische Abschätzungen in aktuellen Fällen können

die gemessenen Laborwerte jedoch als Maßstab herangezogen werden. Der Bericht enthält dazu Diagramme und Tabellen sowie Praxisempfehlungen zur Ermittlung der Feuchtegehalte und Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen.

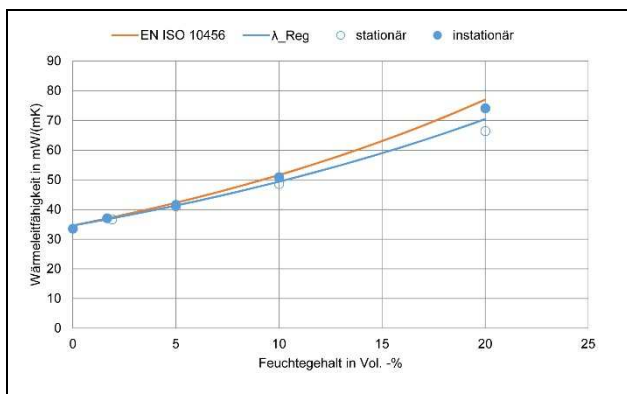


Bild 12:  
Ergebnisse für den Dämmstoff aus expandiertem Polystyrol (EPS1)

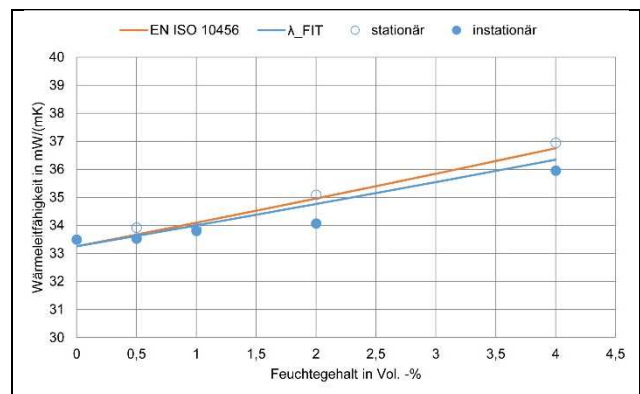


Bild 13:  
Ergebnisse für den Dämmstoff aus extrudiertem Polystyrol (XPS)

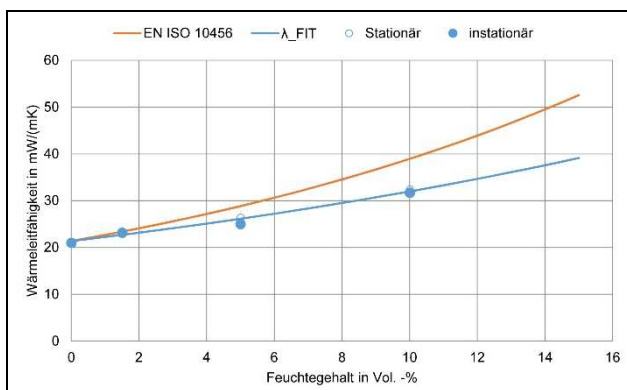


Bild 14:  
Ergebnisse für den Dämmstoff aus Polyurethan (PUR)

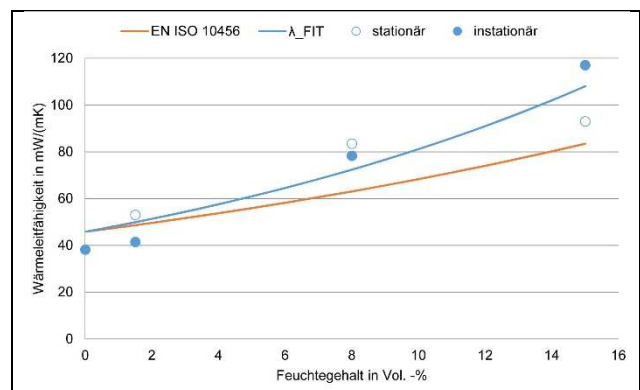


Bild 15:  
Ergebnisse für den Dämmstoff aus Mineralwolle hoher Rohdichte (MW)

Bilder 12 bis 15:

Messwerte der Wärmeeleitfähigkeit und Verlauf der Wärmeeleitfähigkeit bei Anwendung der in dieser Untersuchung (blaue Kurve) und nach DIN EN ISO 10456 (rote Kurve) ermittelten Feuchteumrechnungsfaktoren

## 5 Rechtliche Aspekte

Im Zusammenhang mit der Feststellung eines erhöhten Feuchtegehalts in Dämmstoffen und der bewussten Entscheidung, sie im Dachaufbau zu belassen, können sich verschiedene rechtliche Probleme ergeben. Auf naheliegende Fragestellungen wird im Bericht eingegangen. Dabei werden vier verschiedene Fälle unterschieden:

1. Neubau – Feuchtigkeit im Dämmstoff vor oder bei Abnahme
2. Feuchtigkeit nach der Abnahme innerhalb der Gewährleistungsfrist
3. Instandhaltung der Abdichtung nach Ablauf der Gewährleistungsfrist
4. Maßnahmen zur Erhöhung des Wärmeschutzes

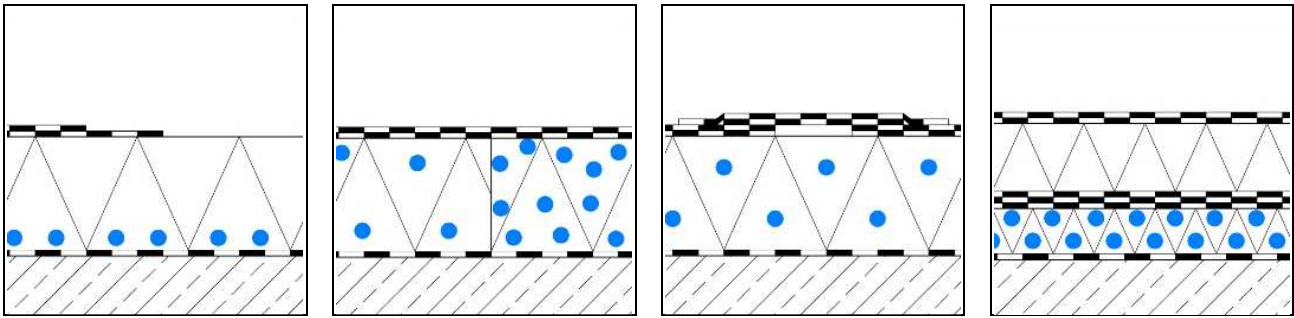


Bild 16:

Vier verschiedene Situationen, in denen die Beibehaltung feuchter Dämmstoffe zur Diskussion stehen kann

## 6 Praxisempfehlungen

Aus den Erfahrungen der untersuchten Schadensfälle sowie der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit feuchter Dämmstoffe im Labor wurden Empfehlungen zum Erhalt durchfeuchteter Dämmstoffe zusammengefasst. Die Empfehlungen sind in folgende Kapitel unterteilt:

Feststellung und Dokumentation des Feuchtegehalts – Lasterhöhung – Bestandsaufnahme Dampfsperre – Vorgaben EnEV – Absaugen von Wasser an Tiefpunkten – Austrocknung – Verklebte Dachaufbauten – Mechanische Befestigung – Perforation der Dachhaut – Zusatzdämmung und -abdichtung – Entwässerung – weitere Entscheidungskriterien.

## 7 Fazit

Unter der Voraussetzung, dass sich keine feuchteempfindlichen Stoffe (wie z. B. Holz, Kork, Jute, ggf. Mineralwolle, korrosionsgefährdete mechanische Befestiger) in der Dämmschicht befinden oder unmittelbar angrenzen, können feuchte Dämmstoffe erhalten bleiben. Im Bericht werden geeignete Randbedingungen und Praxisempfehlungen beschrieben.

Die Auswertungen der Wärmestromverläufe sowohl bei den stationären wie auch den instationären Messungen zeigen, dass die Feuchtezuschlagskoeffizienten der DIN EN ISO 10456, mit der die Änderung der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt ermittelt werden kann, für die Schaumkunststoffe gut mit den Messergebnissen übereinstimmen bzw. auf der sicheren Seite liegen. Die Werte für Mineralwolle sollten durch weitere Untersuchungen überprüft und insbesondere im Hinblick auf die große Schwankungsbreite der Rohdichten von Mineralwolle differenziert werden.

Außerdem lassen sich einige Effekte bei den an feuchten Dämmstoffen gemessenen Wärmestromverläufen nicht mit dem aktuellen Wissensstand erklären. Es zeigt sich, dass die Feuchtetransportvorgänge in Dämmstoffen auch heute noch nicht ausreichend erforscht sind und noch nicht vollständig rechnerisch beschrieben werden können. Die Beschreibung des Feuchtetransports alleine aufgrund einer konstanten Diffusionsstromdichte, die durch den  $s_d$ -Wert beschrieben wird, reicht nicht aus, um die gemessenen Wärmestromverläufe zu erklären. Daher sind noch immer weitere Untersuchungen erforderlich, auch wenn die bisher erzielten Ergebnisse bereits praktische Hilfestellungen bieten.