

Zustandsänderung von Mineralwolledämmstoffen in Warmdachaufbauten bei Flachdächern infolge Feuchteintritt

Forschungsarbeit: Gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (Z6 – 10.08.18.7 – 08.31 / II 2 - F20-08-08) sowie der Deutschen Rockwool GmbH & Co. KG
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Bearbeitet durch: ALBAU, Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gem. GmbH, Aachen

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald

Autoren: Dipl.-Ing. Ralf Spilker
Dipl.-Ing. Ruth Abel
Dipl.-Ing. Klaus Wilmes

Kurzbericht

1. Problemstellung und Ziel

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Folgen von Durchfeuchtungen in Mineralwolledämmschichten in Warmdachaufbauten zuverlässig abschätzen zu können. Es ging dabei um den Einfluss der Durchfeuchtungen auf die Dauerhaftigkeit ("Festigkeit") und die Wärmeleitfähigkeit. Dabei sollten ausschließlich Dämmschichten betrachtet werden, die oberhalb der tragenden Konstruktion angeordnet werden und Druckbelastungen durch die Nutzung ausgesetzt sind. Zwischensparrendämmungen in Holzdachkonstruktionen müssen diese Anforderungen nicht aufweisen und waren daher nicht Gegenstand der Untersuchung.

Zu untersuchen war, unter welchen Randbedingungen (z. B. Durchfeuchtungsgrad, -dauer, Zusammensetzung der Mineralwolle) eine Durchfeuchtung zur Schädigung des Dämmstoffs führt, unter welchen Umständen eine Trocknung (aufgrund der natürlichen, klimatischen Randbedingungen oder durch Zwangstrocknung) möglich ist und wann aus technischer Sicht der Austausch der Dämmung erforderlich ist. Es sollten entsprechende Grenzwerte gefunden werden, die eine objektivere Bewertung im Streitfall ermöglichen. Letzlich geht es um Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit durch die Möglichkeit der Weiterverwendung durchfeuchteter Mineralwolle-Dämmschichten.

2. Recherchen und Erhebungen

2.1 Objektuntersuchungen

Aus den bekannten und durch die Sachverständigenumfrage ermittelten Flachdächern mit Mineralwolle wurden fünf Objekte ausgewählt und die zur Verfügung stehenden Daten näher ausgewertet. Dabei wurden insbesondere die Höhe und Verteilung des Feuchtegehalts dokumentiert sowie die Auswirkungen auf die Funktionstüchtigkeit des Daches.

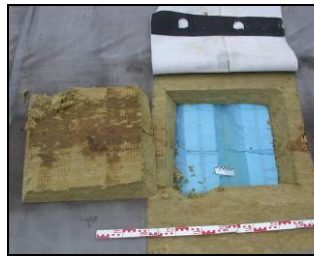
Aus den Objektuntersuchungen sind im Wesentlichen zwei Schlussfolgerungen zu ziehen:

- der Feuchtegehalt eines eingebauten Mineralwolledämmstoffs kann – in gewissem Rahmen - nicht das einzige Kriterium für einen Austausch sein. Weder sind die unmittelbaren Auswirkungen des Feuchtegehalts auf den Dämmstoff bekannt (Welche Veränderungen bewirkt die Feuchtigkeit in der Materialstruktur?) und quantifizierbar (Wie verändert sich die Druckbelastbarkeit und die Wärmeleitfähigkeit?) noch die langfristigen Folgen (Hat der Feuchtegehalt Auswirkungen auf die technische Lebensdauer?).

- die Druckbelastbarkeitseigenschaften eines eingebauten Mineralwolledämmstoffs verändern sich deutlich in Abhängigkeit von der Intensität der mechanischen Belastung, d. h. der Nutzung auf der „nicht genutzten“ Dachfläche. Grenzwerte, in welchem Maß diese Veränderung üblich, technisch hinnehmbar und ab wann eine Funktionseinschränkung vorliegt, sind bisher nicht definiert.



Dachfläche mit mittig angeordnetem Lichtband und seitlich aufgereihten Fotovoltaik-Anlagen



Erheblich durchfeuchteter Dämmstoff über einer Tiefsicke, in der Wasser steht



Probe mit stark verminderter Druckbelastbarkeit



Verformungsmessung bei typischer Belastung

2.2 Sachverständigenumfrage

Praxiserfahrungen mit durchfeuchteten Mineralwollgedämmstoffen wurden auf Basis einer Befragung von insgesamt 1978 öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen zusammengestellt. Die Befragung richtete sich an 1114 Sachverständige für Schäden an Gebäuden, 485 Sachverständige für das Dachdeckerhandwerk und 410 Sachverständige für Bauwerksabdichtungen (Einige Sachverständige sind für mehrere Sachgebiete bestellt.). Knapp 10 % (185) der angeschriebenen Personen haben ausführlich auf den ihnen zugesandten Fragebogen geantwortet, teilweise mehrere Schadensfälle beschrieben und waren überwiegend damit einverstanden, auch telefonisch zusätzliche Fragen zu beantworten.

Insgesamt konnten Informationen von 566 Objekten mit durchfeuchteter Mineralwolle ausgewertet werden. Dabei wurden ausschließlich Schadensfälle der vergangenen 10 Jahre berücksichtigt.

2.3 Umfrageergebnisse

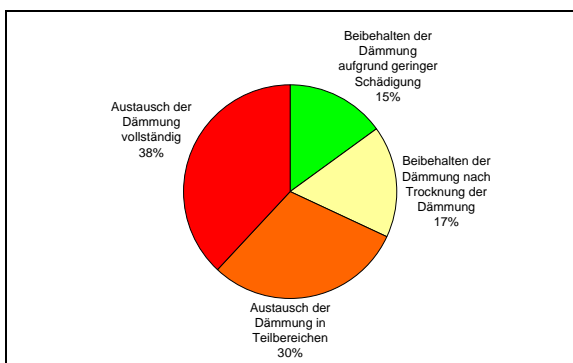
Ein Austausch der Dämmung wurde von den Sachverständigen insbesondere dann empfohlen, wenn zusätzlich zum Durchfeuchtungsgrad weitere Gründe dafür sprachen (z. B. bereits vorhandene Schädigung des Untergrundes, Alterungszustand der Gesamtkonstruktion, etc.).

Bei starker Durchfeuchtung mit stehendem Wasser in der Konstruktion und bei bereits optisch sichtbarer Schädigung des Dämmstoffs wird der Austausch der Dämmung allgemein befürwortet.

Insbesondere im Fall bestehender Gewährleistungsansprüche halten die Sachverständigen häufig den vollständigen Austausch von Dämmstoffen mit höheren Feuchtegehalten für die einzige Möglichkeit, den geschuldeten Zustand herzustellen. Diese Ansicht wird gestützt von den Empfehlungen der Dämmstoffhersteller, die keine Grenzwerte für Feuchtegehalte ihrer Produkte festlegen.

Als problematisch wird wiederholte Druckbelastung der Fläche nahezu unabhängig vom Feuchtigkeitsgehalt der Dämmung beschrieben. Bereiche, die regelmäßig begangen werden, weisen oft eine Beeinträchtigung der Druckbelastbarkeit auf.

Trocknungsmaßnahmen werden überwiegend nicht als geeignete Sanierungsmethode angesehen.



Verteilung der Empfehlungen zum Austausch oder Beibehalten der Mineralwolle

3. Wärmeleitfähigkeit durchfeuchteter Mineralwolle

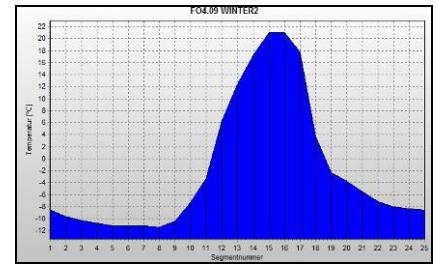
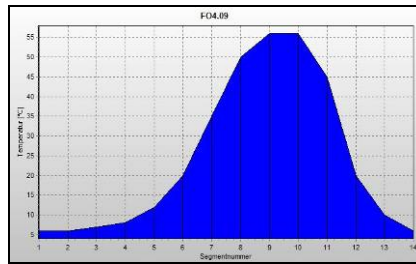
Mineralwolle kann, wie die Praxis bei Schadensfällen zeigt, erhebliche Mengen an Feuchtigkeit aufnehmen, auch wenn sie hydrophobiert ist. Aufgrund der bislang noch wenig untersuchten Feuchte-Transportvorgänge in Mineralwollgedämmstoffen muss davon ausgegangen werden, dass frühere Messungen der Veränderungen der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt nicht mehr gültig sind. Es wird unterschieden zwischen der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs und den durch den Feuchte-Transport auftretenden Energieströmen. Zurzeit ist davon auszugehen, dass die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs selbst nicht verändert wird. Der Wärmetransport eingeschlossener, diffundierender Feuchtigkeit mit Veränderungen des Aggregatzustands muss noch wissenschaftlich untersucht werden. Entsprechende Untersuchungen finden zurzeit auf internationaler Ebene statt. Wenn der Dämmstoff allerdings durch einen deutlichen Dickenverlust geschädigt ist, ist der Wärmedurchlasswiderstand selbstverständlich mindestens im gleichen Maße reduziert.

4. Druckspannungsprüfungen nach Befeuchtung und Temperaturwechsellagerung

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsberichts wurden zusammen mit dem FIW München Laboruntersuchungen entwickelt, bei denen stark durchfeuchtete Proben einer wechselnden Temperaturbeanspruchung ausgesetzt wurden. Anschließend wurde die Druckspannung bei 10 % Stauchung in Anlehnung an die Normprüfung gemessen. Es sollte ermittelt werden, welche Anzahl von Temperaturzyklen und welche Feuchtegehalte ggf. zu deutlichen Veränderungen der Druckbelastbarkeit führen. Mit dieser Untersuchung wurde erstmals ein realistischer Zusammenhang zwischen in der Praxis gemessenen Feuchtegehalten und Zustandsänderungen des Dämmstoffs simuliert. Für die Untersuchungen wurde zunächst ein typischer Temperaturverlauf des Außenklimas festgelegt. Dazu wurde auf Messungen zurückgegriffen, die an Flachdächern aufgezeichnet wurden. Aus diesen Daten wurden 2 typische Tagesgänge ausgewählt und als Sollwert einem Steuerprogramm eingegeben. Der Abschnitt für den Sommerfall liefert Temperaturen von +5°C bis +55°C, der Abschnitt für den Winterfall Temperaturen von -11°C bis +21°C. Die Proben wurden für die spätere Druckspannungsprüfung in 200 mm x 200 mm große Stücke geschnitten. Anschließend wurden sie mit einem Kunststoffbeutel umhüllt und je nach Versuchsreihe mit Wasser befüllt. Die Wassergehalte wurden mit 1,5 Masse-%, 5 Masse-% und 50 Masse-% festgelegt.



Für die Temperaturwechsellagerung vorbereitete Proben



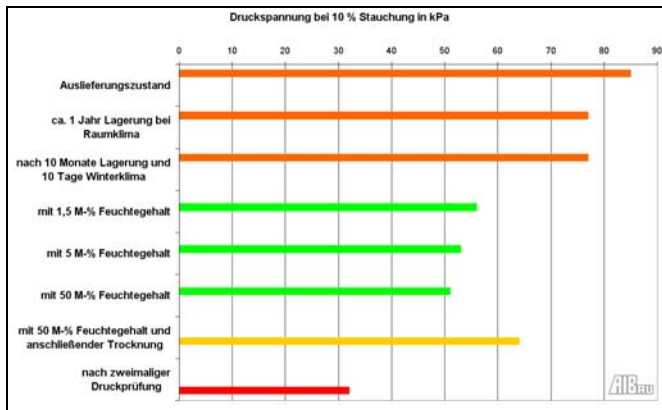
Temperaturtagesgänge der Temperaturwechsellagerung für Sommer (links) und Winter (rechts)

Die Messungen zeigen, dass der Festigkeitsverlust der Dämmstoffe nicht in einer direkten Abhängigkeit von der eingetragenen Wassermenge steht. Deutliche Unterschiede sind auch nicht zu erkennen in Bezug auf die Belastung mit Sommer- oder Winterklima. Es scheint auch keinen Einfluss auf die Festigkeit zu haben, ob die Proben über einen Zeitraum von 10 Tagen oder doppelt so lange den Klimabedingungen ausgesetzt worden sind.

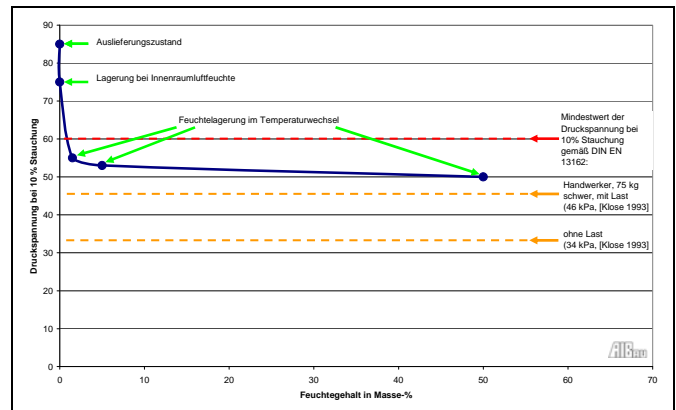
Jedoch haben bereits geringe Feuchtegehalte einen entscheidenden Einfluss auf die Druckbelastbarkeit des Dämmstoffs. Höhere Feuchtegehalte führen nur in relativ geringem Umfang zur zusätzlichen Verringerung der Druckbelastbarkeit. Da ein geringer Feuchtegehalt nicht zuverlässig vermeidbar ist, kann aus einem höheren Feuchtegehalt nicht zwingend auf eine nennenswerte Schädigung geschlossen werden.

Die im Dämmstoff eingeschlossene Feuchte führt zwar offensichtlich schon bei geringen Mengen zu einem merklichen Verlust der Druckbelastbarkeit und zu einem Absinken unter die Nennfestigkeit bzw. den Norm-Grenzwert von 60 kPa,

liegt aber noch über den kritischen Werten in Bezug auf die Soll-Festigkeit, die nach Einschätzung aus Herstellerkreisen etwa 35 kPa als typischen Wert eines nicht genutzten Daches nicht unterschreiten sollte.



Zusammenfassung der Messergebnisse (Mittelwerte), Druckspannung bei 10 % Stauchung in kPa und verschiedenen Lagerungsbedingungen



Druckspannung bei 10 % Stauchung in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt

5. Schlussfolgerungen

1. Feuchtigkeit im Mineralwolle-Dämmstoff reduziert dessen Druckbelastbarkeit. Die Höhe des Feuchtegehaltes ist dabei von untergeordneter Bedeutung.

Mineralwolledämmstoffe mit hohem Feuchtegehalt können eine hohe Druckbelastbarkeit aufweisen. Der Grad der Durchfeuchtung ist allein betrachtet kein hinreichendes Kriterium für eine wesentliche Funktionseinschränkung des Dämmstoffs hinsichtlich seiner Druckbelastbarkeit.

2. Die Veränderung der Wärmeübertragung durchfeuchteter Mineralwolledämmung ist zur Zeit nicht eindeutig quantifizierbar.

Die Ergebnisse älterer, wissenschaftlicher Untersuchungen, die den Wärmetransport in durchfeuchteter Mineralwolle quantifizieren, sind umstritten. Neuere Berechnungen und Validierungen liegen zur Zeit nicht vor.

3. Weiche Dämmstoffe sind primär Folge zu hoher und/oder wiederholter Druckbelastung

In vielen Fällen ist davon auszugehen, dass die Verminderung der Druckbelastbarkeit von Mineralwolledämmstoffen nicht in erster Linie auf Feuchtigkeit, sondern auf erhöhte mechanische Belastung, z. B. durch Transportarbeiten auf der fertig gestellten Dachfläche, zurückzuführen ist.

4. Die zulässige Stauchung eingebauter Dämmstoffe sollte nicht von der Normprüfung bei 10 % Stauchung abhängig gemacht werden.

Weiche Dämmstoffe beeinträchtigen ab einem bestimmten Grad die Funktionstauglichkeit des Daches erheblich. Für die Beurteilung eines notwendigen Austauschs fehlen jedoch allgemeingültige Grenzwerte, die für alle Schadensfälle anwendbar wären.

5. Eine Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit ist von den Bedingungen des Einzelfalls abhängig.

Ein Austausch der Wärmedämmung muss dann erfolgen, wenn die Schädigung der Dachabdichtung aufgrund eines zu weich gewordenen Dämmstoffs bzw. eines lang anhaltend zu hohen Feuchtegehalts die Komponenten der Dachabdichtung bzw. Dachkonstruktion schädigen könnte oder der Wärmeschutz allein schon durch den Dickenverlust merklich vermindert wird.

6. Eine mechanische Belastung ist weitestgehend zu vermeiden.

Bei der Verlegung von Mineralwollgedämmschichten und insbesondere dann, wenn nach Fertigstellung der Dachfläche noch weitere Gewerke die Dachfläche nutzen, sind Maßnahmen zur Minderung der mechanischen Beanspruchung zu treffen. Festgelegte Zugangsbereiche der Dachfläche (z. B. fest installierte Zugangsleitern, Türen aufgehender Gebäudeteile, Anlieferungsflächen) sind in jedem Fall durch Lastverteilungsschichten während der Bauzeit zu schützen. Lasten-transporte müssen ebenfalls über Lastverteilungsschichten erfolgen.

7. Empfehlung: Bei Abnahmen und vor Arbeitsbeginn anderer Gewerke sollten die Einsinktiefen protokolliert werden!

Bei Abnahmen und vor dem Beginn der Arbeiten anderer Gewerke, die die Dachfläche begehen, sollte der Zustand der Mineralwollgedämmung unter einlagigen Kunststoffbahnen anhand der Verformung der Abdichtungsoberfläche bei üblicher Belastung (Begehung) dokumentiert werden.

8. Hinweise zur Beurteilung feuchter Dächer

Bei der Beurteilung durchfeuchteter Dämmstoffe ist zwischen dem Gewährleistungs- und dem Sanierungsfall zu unterscheiden.

Im Gewährleistungsfall sollte der Austausch der Dämmstoffe davon abhängig gemacht werden, ob der Hersteller der Mineralwolle-Dämmung die Gebrauchstauglichkeit bei den vorgefundenen Feuchtegehalten bestätigen kann.

Im Sanierungsfall ist zu bedenken, dass höhere Feuchtegehalte die Brauchbarkeit der hier untersuchten Dämmstoffe nicht generell beeinträchtigen. Sie können – unter Berücksichtigung der oben unter 5. und 6. genannten Bedingungen – beibehalten werden. Damit können die volkswirtschaftlichen Schäden begrenzt und Ressourcen geschont werden.

9. Weiterentwicklung der Dämmstoffe

Die Mineralwollehersteller sollten die Materialeigenschaften von Mineralwollgedämmstoffen mit der Zielsetzung optimieren,

- dass nicht bereits eine geringe Feuchteeinwirkung zu einer deutlichen Verringerung der Druckbelastbarkeit führt,
- dass auch bei höherer Durchfeuchtung eine langanhaltende Funktionstüchtigkeit gewährleistet ist,
- dass die Abbauprodukte der Bindemittel bei Durchfeuchtung keine Geruchsbelästigungen verursachen.

10. Folgerungen für Regelwerke

In Regelwerken sollten bezüglich mineralwollgedämmter Flachdächer deutliche Hinweise gegeben werden, dass auf Dachflächen in Bereichen mit erhöhter oder häufiger mechanischer Belastung Druckverteilungsschichten eingebaut werden sollen. Diese müssen entweder dauerhaft (z. B. in Zugangsbereichen, die zu Wartungszwecken regelmäßig begangen werden) oder in den Fällen von Montagearbeiten der Folgegewerke (z. B. Glasdach-, Klimaanlage-, Solaranlagenbauer) zumindest temporär vorgesehen werden. Möglichst konkrete Angaben dazu sollten insbesondere in folgenden Regelwerken aufgenommen werden:

- DIN 4108-10 und DIN 18531
- Flachdachrichtlinien und Merkblatt Solartechnik für Dach und Wand

Ausblick

Es sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen erforderlich, durch die Langzeitwirkungen von Feuchtegehalten auf Mineralwollgedämmstoffe in druckbelasteten Warmdachaufbauten sowie die Veränderung der Wärmeströme darin diffundierender Feuchtegehalte beschrieben werden können.

Ziel ist es, Flachdächer mit Mineralwollgedämmungen praxistauglicher zu machen, indem begrenzte Durchfeuchtungen und Belastungsspitzen schadlos verkraftet werden und so die ökonomischen und ökologischen Nachteile eines Abbruchs vor Ablauf der erwarteten Nutzungsdauer vermieden werden.