



Dokumentation

Studien über Feuchtigkeit von verbauten Fassadendämmungen

Studien über Feuchtigkeit von verbauten Fassadendämmungen

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 003/22
Abschluss der Arbeit: 21. Februar 2022
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung
und Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Wärmeschutz und Feuchtigkeit	4
3.	Studien zum hygrothermischen Verhalten von Dämmstoffen	5
3.1.	Feuchtigkeit und Wärmeleitfähigkeit	6
3.2.	Wärmedämmung im Erdreich	7
3.3.	Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen	7
3.4.	Nachdämmung von Wärmeverbundsystemen	8
3.5.	Wirkung von Feuchtigkeit auf der Fassade	9
3.6.	Weitere Quellen zu Feuchtigkeit und Bauwerken	9

1. Einleitung

Eine wesentliche Herausforderung bei der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden ist die gleichzeitige Sicherstellung der Luftdichtheit und des Feuchteschutzes. Der Feuchteschutz ist die Basis für einen funktionierenden Wärmeschutz. Für die Planung und Berechnung des zukünftigen Wärmeschutzes ist neben den Anforderungen an die Dämmkonstruktion deshalb auch der Feuchteschutz zu berücksichtigen.

Durch den Ausfall von Tauwasser¹ können für ein Gebäude Risiken oder Schäden entstehen und zudem eine feuchte Dämmung ihre Dämmwirkung verlieren. Um Schäden zu vermeiden, müssen die Planer vor den Dämmmaßnahmen bzw. dem Bau eines neuen Gebäudes unterschiedliche Faktoren wie innere Wärme- und Feuchtequellen, Luftwechsel, Wetterdatensätze, Nutzerverhalten sowie den Einsatz raumlufttechnischer Anlagen in verschiedenen Klimazonen berücksichtigen. Mittlerweile gibt es Simulationsprogramme, die Baustoffe oder komplette Gebäude hinsichtlich ihres feuchtetechnischen und energetischen Verhaltens bewerten.²

Die vorliegende Arbeit stellt eine Auswahl von Studien zusammen, die sich mit dem hygrothermischen Verhalten von Fassadendämmungen von Gebäuden befassen.

2. Wärmeschutz und Feuchtigkeit

Für die Dämmung von Gebäuden gilt pauschal gesprochen, dass nur eine trockene Dämmung eine funktionierende Dämmung ist. Da dies gerade im Winter wenn es zu Tauwasser kommt, nicht umgesetzt werden kann, ist gemäß DIN 4108-3³ ein Grenzwert für Tauwasser einzuhalten, der in der winterlichen Tauperiode nicht überschritten werden darf und in der sommerlichen Verdunstungsperiode wieder abgeführt werden muss.

Da Luft eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt, enthalten Dämmstoffe bzw. Dämmstoffkonstruktionen einen möglichst hohen Luftanteil. Bei aufgeschäumten Produkten beispielsweise wird dies in Form von Poren umgesetzt. Durchlässige Materialien ohne Porenräume, wie zum Beispiel Dämmwollen, können im trockenen Zustand einen Luftanteil von bis zu 92 % erreichen.

1 Tauwasser wird auch als Kondenswasser oder Spritzwasser bezeichnet.

Vgl. Rexroth, S. (2014). Kapitel 8 „Wärmeschutz und Feuchteschutz – die wichtigsten Begriffe aus der Bauphysik“, in: Rexroth, S., May, F., Zink, U (Hrsg.) (2014): „Wärmedämmung von Gebäuden“, VDE Verlag Berlin, 2014

2 Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) (2022). „Hygrothermik“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/broschueren/ht/abteilungsbroschuere-hygrothermik.pdf>

Bauklimatik Dresden (2021). „Software für Forschung und Praxis“, <https://www.bauklimatik-dresden.de/>

3 Teil 3 „Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung „der DIN 4108 zum „Wärmeschutz und der Energie-Einsparung in Gebäuden“ regelt die Vorgaben zum klimabedingten Feuchteschutz für die Planung. Dieser Teil behandelt die Anforderungen an den Regenschutz und betrachtet Diffusionsvorgänge zwischen Innen- und Außenräumen und den gegebenenfalls daraus resultierenden Folgen, bedingt durch den Ausfall von Tauwasser in der Konstruktion. <https://www.beuth.de/de/norm/din-4108-3/293137277>

Bei Dämmstoffen mit einem durchgehenden und offenen Porengefüge kann Feuchtigkeit in das Material gelangen (EPS⁴, Mineralwollen, Kalzium-Silikatplatten oder Porenbeton). Sogenannter geschlossenzelliger Dämmstoff wie Schaumglas⁵ ist diffusionsdicht. Feuchteschutz muss in diesem Fall an den angeschnittenen Flächen bei den Poren im Randbereich berücksichtigt werden. Die offenporigen Dämmstoffe erhalten durch konstruktive Maßnahmen wie z.B. Dampfbremsen oder Dampfsperren einen Feuchteschutz.

Im Rahmen von Bauwerkssanierungen ist zu bewerten und abzuwägen, ob die weitere Nutzung einer evtl. feuchten Dämmung sinnvoll ist. Auch wenn sich dadurch Investitionskosten senken lassen, zieht die erhöhte Wärmeleitfähigkeit nicht nur einen größeren Heizbedarf nach sich. Aus einer feuchten Dämmung können auch Risiken für die Konstruktion resultieren und es ggf. auch zu Einflüssen auf das Tragverhalten der Konstruktion kommen.⁶

3. Studien zum hygrothermischen Verhalten von Dämmstoffen

In einem Langzeitversuch von 20 unterschiedlichen Testgebäuden im Freilandtestfeld erarbeiteten Experten des Fraunhofer Instituts für Bauphysik Erkenntnisse über das hygrothermische Verhalten der Gebäude und ihren Bauteilen. Die Ergebnisse dienen der Optimierung von Dämmstoffen. Die Feldversuche nutzen die Experten zudem für die Validierung von Simulationsprogrammen und zur Kalibrierung von Labortests. Aufgrund der Vielfältigkeit der Parameter können Simulationen die Feldversuche bisher nicht vollständig ersetzen.⁷

Die am Fraunhofer IBP entwickelte Software-Familie „WUFI“ ermöglicht Berechnungen zum hygrothermischen Verhalten von Bauteilen und Gebäuden unter realen Klimabedingungen und unterstützt Planer bei der Dimensionierung der Bauteile. Die Experten kombinierten beispielsweise in den 90er Jahren Freilandversuche und Simulationen mit dem System „WUFI“ um den Verlauf der Baufeuchte in der Außenwand mit Wärmedämmverbundsystemen zu bestimmen. Die

4 EPS (Expandierter Polystyrol-Hartschaum)

5 Schaumglas ist ein basierend auf Glas aufgeschäumter Dämmstoff

6 Rexroth, S. (2014). Kapitel 8 „Wärmeschutz und Feuchteschutz – die wichtigsten Begriffe aus der Bauphysik“, in: Rexroth, S., May, F., Zink, U (Hrsg.) (2014): „Wärmedämmung von Gebäuden“, VDE Verlag Berlin, 2014

Duzia/Bogusch (2020). „Basiswissen Bauphysik: Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes“, Fraunhofer IRB

7 Institut für Bauphysik (2019). „Building Science Outdoor Testing - Lessons Learned and ongoing Relevance“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/en/documents/publications/hygrothermics/kuenzel-fitz-building-science-outdoor-testing.pdf>

Der Sonderdruck zum Langzeitverhalten von Dämmstoffen enthält neben ausführlichen Erklärungen von Begriffen und Prüfverfahren auch Untersuchungen zur Wärmeleitfähigkeit nicht explizit von Fassadendämmungen, aber unterschiedlicher Dämmstoffarten und Einsatzgebiete: Albrecht, W., Koppold S. (2010). „Langzeitverhalten von Dämmstoffen“, https://www.fiw-muenchen.de/media/publikationen/pdf/FIW-Sonderdruck_Reihe1_Nummer31_Albrecht-Koppold_Langzeitverhalten-D%C3%A4mmstoffe_Bauphysikkalender_2010.pdf

Ergebnisse zeigen sowohl für die Wand mit Polystyrol-Hartschaum-Dämmung als auch für die mit Mineralwoll-Dämmung eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung.⁸

Viele Erkenntnisse zum hygrothermischen Verhalten basieren auf den Ergebnissen der zurückliegenden Forschung. Diese und neuere Untersuchungen zum hygrothermischen Verhalten von verbauten Fassadendämmungen werden im Folgenden vorgestellt.

3.1. Feuchtigkeit und Wärmeleitfähigkeit

Vor einer geplanten Sanierung muss geklärt werden, in welchem Umfang sich der energetische Wärmeschutz verschlechtert, wenn Feuchtigkeit in die Dämmebene eingedrungen ist. Untersuchungen des Forschungsinstituts für Wärmeschutz (FIW) zeigen u.a., dass sich bei einem EPS-Dämmstoff, der stetig befeuchtet wurde, die Wärmeleitfähigkeit erhöhte. Im Zustand einer annähernd vollständigen Durchfeuchtung erreichte die Dämmung eine Wärmeleitfähigkeit von 0,6 W/(mK).⁹ Die Untersuchung zeigte auch, dass sich bei 10 Vol.-% Wasser im Dämmstoff dessen Dämmfähigkeit halbierte. Die untersuchte, acht Zentimeter starke Dämmplatte wies damit in etwa die Dämmfähigkeit einer vier Zentimeter dicken, nicht durchfeuchteten Platte auf. So war

8 WUFI (2015). „Baufeuchte in Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem“, <https://wufi.de/de/2015/03/10/baufeuchte-in-aussenwand-mit-waermedaemmverbundsystem/>

Künzel, H. Fraunhofer IBP (2011). Vortrag „Einfluss der Feuchte auf die Wärmedämmwirkung“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/en/documents/Einfluss-Feuchte-Waermedaemmwirkung-Kuenzeltcm1021-97544.pdf>

Künzel, H.M.: Austrocknung von Wandkonstruktionen mit Wärmedämm-Verbundsystemen. Bauphysik 20 (1998), H.1, S.18-23

Vgl. Lengsfeld, K. (2009). „Energieoptimiertes Bauen; Beurteilung der instationären hygrothermischen Vorgänge in Gebäuden“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/publikationen/ht-be-richt-energieoptimiertes-bauen.pdf>

Vgl. Verta', M. et al. (2016). „Fallstudie zum Trocknungsverhalten von Außenwandkonstruktionen aus Porenbeton mit Wärmedämmverbundsystem“, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bapi.201610040>

Künzel, H. (1998). „Effect of interior and exterior insulation on the hygrothermal behaviour of exposed walls“, <https://wufi.de/literatur/K%C3%BCnzel%201998%20-%20Effect%20of%20interior%20and%20exterior.pdf>

Holm, A. und Künzel, H.M. (1999). „Trocknung von Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystemen und Einfluss auf den Wärmedurchgang“, Bauklimatisches Symposium, Dresden 1999, S.549-558

9 Die Wärmeleitfähigkeit (auch Wärmeleitwert/Wärmeleitzahl/Wärmeleitkoeffizient) (λ) gibt an, wieviel Wärme pro Zeiteinheit in Wattstunden (Wh) je Stunde (h) durch ein Material mit einer Oberfläche von 1 Quadratmeter (m^2) bei einer Dicke von 1 Meter und einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin (K) fließt. Für Dämmstoffe liegt diese Zahl unter 0,1 W/mK. Je kleiner die WLZ ist, desto besser die Wärmedämmung. Beispiel: Wärmeleitgruppe WLZ 040 -> Wärmeleitfähigkeit 0,032 bis 0,042 W/mK.

die Dämmwirkung zwar nicht aufgehoben, entsprach aber auch nicht mehr den zugeschriebenen Eigenschaften.¹⁰

3.2. Wärmedämmung im Erdreich

Eine Studie des Forschungsinstituts Wohnen beschreibt die bautechnischen Besonderheiten und Anforderungen an den Bauschutz erdberührter Bauteile. Ein Kapitel widmet sich praktischen Erfahrungsberichten zur Dauerhaftigkeit: Seit den 70er Jahren wird Wärmedämmung im Erdreich (Perimeterdämmung) in der Regel mit XPS¹¹- und Schaumglasdämmstoffen ausgeführt. In den beiden Jahrzehnten danach sind Untersuchungen über das Langzeitverhalten von XPS in der Perimeterdämmung durchgeführt worden. Die Experten betrachteten den Feuchtegehalt für unterschiedliche Einbausituationen und (Grund-)Wasserbelastungen über knapp 10 und 20 Jahre bzw. 26 Jahre.¹²

3.3. Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen

Experten des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (IPB) untersuchten die Bewährung von Wärmeverbundsystemen (WVDS) an ausgeführten Bauten unter praktischen Bedingungen. Sie beurteilten den Zustand der überprüften Fassaden hinsichtlich ihrer Mängel wie beispielsweise Rissen, Blasenbildung oder Ablösung der Beschichtung. Rein optische Beeinträchtigungen durch Verunreinigungen oder mikrobiellem Bewuchs bezogen die Experten nicht mit ein. Die Überprüfungen der Fassaden ergaben in den meisten Fällen nur geringe Mängel. Die Experten kamen deshalb zu dem Schluss, dass die Dauerhaftigkeit der WVDS „bei erneuerten Anstrichen als sehr gut und

10 Rexroth, S. (2014). Kapitel 8 „Wärmeschutz und Feuchteschutz - die wichtigsten Begriffe aus der Bauphysik“, in: Rexroth, S., May, F., Zink, U (Hrsg.) (2014): „Wärmedämmung von Gebäuden“, VDE Verlag Berlin, 2014

Cammerer, W. (1987). „Der Feuchtigkeitseinfluss auf die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Wärmedämmstoffen“, Sonderdruck aus „Bauphysik“, https://www.fiw-muenchen.de/media/publikationen/pdf/FIW-Sonderdruck_Reihe1_Nummer17_W-F-Cammerer_Feuchtigkeitseinfluss-W%C3%A4rmeleitf%C3%A4higkeit-W%C3%A4rmed%C3%A4mmstoffe_Bauphysik_1987-6.pdf

Experten haben einen rein rechnerischen Ansatz entwickelt, um die aus gesamtenergetischer Sicht maximal sinnvolle Dämmdicke zu bestimmen und damit den energetischen Nutzen von Dämmungen bilanzieren zu können: Jochum, P. (2016). „Einfluss von Erntefaktor und Dämmindex auf die aus gesamtenergetischer Sicht maximal sinnvolle Dämmdicke“, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bapi.201610034>

11 XPS (Extrudierter Polystyrol-Hartschaum)

12 Albrecht, W. et al. FIW (2018). „Wärmedämmung im Erdbereich“, https://www.fiw-muenchen.de/media/publikationen/pdf/FIW-Sonderdruck_Reihe1_Nummer36_Albrecht,Engelhardt_W%C3%A4rmed%C3%A4mmung-im-Erdreich_-2018.pdf, Kapitel 8

Zimmermann, G. (1995). „Zum Langzeitverhalten von Perimeterdämmung“, Deutsches Architektenblatt (DAB), Heft 6

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (2011). „Untersuchung des Langzeitverhaltens von extrudierten Polystyrol-Hartschaum (XPS) in der Anwendung. Perimeterdämmung ohne drückendes Wasser“, Untersuchungsbericht D1-11-03

über einen längeren Zeitraum als weitgehend mängelfrei einzustufen ist und damit vergleichbar zu verputzten Fassaden ohne Dämmung.“¹³

3.4. Nachdämmung von Wärmeverbundsystemen

Nachdämmung (auch: „Aufdoppelung“) alter Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) wurden seit den 1950er Jahren bis etwa 1995 von außen auf Außenwänden angebracht, weil die damals verwendeten Dämmschichtdicken (z.B. 6 cm) aus heutiger Sicht nicht ausreichend dämmen. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) regelt als Zulassungsgeber unter welchen Voraussetzungen Alt-WDVS aufgedoppelt werden dürfen. Bei der Wahl des Aufdoppelungssystems sollen auch feuchteschutztechnische Aspekte beachtet werden. Experten des Fraunhofer Instituts für Bauphysik beurteilten das hygrothermische Verhalten von elf Bauteilvarianten mit aufgedoppeltem WDVS. Ihre Berechnungen zeigen, dass „sich in den einzelnen Materialschichten, bis auf die Außenputze (witterungsbedingt), aller Varianten relativ geringe mittlere Wassergehalte ergeben. Die Wassergehalte in den Dämmschichten liegen [...] auf einem Niveau, bei dem noch keine Absenkung der Dämmwirkung zu erwarten ist.“¹⁴

Unkritisch sehen die Experten Wandaufbauten, bei denen ein Alt-WDVS mit EPS durch eine neue EPS-Dämmschicht ergänzt wird. Feuchtetechnische Probleme könnten auftreten, wenn auf eine Wand mit geringen Wert für den Widerstand gegen den Durchgang von Wasserdampf, eine Dämmschicht aus Mineralwolle verbaut wurde bzw. wird und bei der zugleich ein äußeres Putzsystem auf Basis eines Kunstharzputzes mit hohem Widerstandswert gewählt würde. Entsprechende Feuchteschutzberechnungen empfehlen die Experten vor der Durchführung der Maßnahme.¹⁵

Eine Studie zur Nachdämmung alter Wärmedämmverbundsysteme wertet Literatur, Experteninterviews, ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Berechnungen sowie die Daten einer schriftlichen Befragung hinsichtlich des CO₂-Einsparpotentials und der Wirtschaftlichkeit aus.¹⁶

13 Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IPB) (2015). „Beurteilung des Langzeitverhaltens ausgeführter Wärmedämmverbundsysteme“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/ibpmitteilung/501-550/539.pdf>

14 Krus, M., Rösler, D. (2011). „Hygrothermische Berechnung der Einsatzgrenzen unterschiedlicher Systeme bei der Aufdoppelung von Wärmedämmverbundsystemen“, Bauphysik Heft 3, Seite 142-149, 2011, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bapi.201110017>

15 Krus, M., Rösler, D. (2011). „Hygrothermische Berechnung der Einsatzgrenzen unterschiedlicher Systeme bei der Aufdoppelung von Wärmedämmverbundsystemen“, Bauphysik Heft 3, Seite 142-149, 2011, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bapi.201110017>

16 Clausnitzer, K-D. et al., IFAM (2016). Forschungsbericht „Nachdämmung („Aufdoppelung“) alter Wärmedämmverbundsysteme an Wohngebäuden“, https://www.ifam.fraunhofer.de/content/dam/ifam/de/documents/Formgebung_Funktionswerkstoffe/Energiesystemanalyse/Bericht%20WDVS-Aufdoppelung.pdf

3.5. Wirkung von Feuchtigkeit auf der Fassade

Fassadenschimmel, auch als Schwarzschimmel bezeichnet, entsteht durch mikrobiellen Bewuchs auf wärmegeprägten Fassaden. Die wesentlichste Voraussetzung für mikrobielles Wachstum ist ausreichende Feuchtigkeit. Nach Aussage von Experten ist für dieses Wachstum nicht der Wassergehalt im Außenputz entscheidend, sondern die auf der Oberfläche vorhandene Feuchte (Tau), die für einen Anfangsbewuchs verfügbar ist.¹⁷

Aufgrund der zeitlich begrenzten Wirksamkeit der in der Außenfassade enthaltenen Biozide und aus Gründen des Umweltschutzes forschen Experten nach Alternativen für die Vermeidung des mikrobiellen Bewuchses.¹⁸

3.6. Weitere Quellen zu Feuchtigkeit und Bauwerken

Die Erfahrungen zur den Auswirkungen von Feuchtigkeit auf Gebäude, Gebäudeteile sowie Baustoffen finden sich in den folgenden Fachbüchern:

Die Einwirkung von Wasser oder Feuchtigkeit auf Bauwerke oder Bauteile und die sich ergebenden Szenarien und Folgen der mangelhaften Bauwerksabdichtung, des fehlerhaften Vorgehens in der Trocknungstechnik oder den Messtechniken beschreibt ein Experte in: „Wasser- und Feuchteschäden an Gebäuden Schadensfälle aus der Gutachterpraxis“, Neben der Erklärung der bauphysikalischen und feuchtigkeitstechnische Zusammenhänge stellt der Autor Methoden der Ursachenforschung vor.¹⁹

Häufige und außergewöhnliche Schadensverläufe, bei denen Wasser oder Feuchtigkeit im Bereich von Dächern, Wänden, Zwischendecken und Kellern für Unannehmlichkeiten sorgt, beschreibt der Autor in: „Richtig handeln bei Wasser- und Feuchtigkeitsschäden Gebäudetrocknung in der Praxis“.²⁰

Unter welchen Bedingungen mit Algen- oder Pilzbefall an wärmegeprägten Fassaden beschreibt ein Experte anhand von ausgewählten Beispielen.²¹

17 Fraunhofer IBP (2022). „Laboruntersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Oberflächenfeuchte nach Betauung“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/oberflaechenfeuchte-nach-betauung.html>

18 Fraunhofer IBP (2022). „Mikrobieller Bewuchs auf wärmegeprägten Fassaden“, <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/ir-anstrich-als-loesung.html>

19 Grübel, M. (2020). „Wasser- und Feuchteschäden an Gebäuden - Schadensfälle aus der Gutachterpraxis“, Fraunhofer IRB Verlag

20 Grübel, M. (2013). „Richtig handeln bei Wasser- und Feuchtigkeitsschäden - Gebäudetrocknung in der Praxis“, Fraunhofer IRB Verlag

21 Büchli, R., Raschle P. (2015). „Algen und Pilze an Fassaden - Ursachen und Vermeidung“, Fraunhofer IRB Verlag