

Außendämmung als Problemlösung bei Schimmelpilzbildung

Prof. Dr. Klaus Sedlbauer, Dr. Martin Krus

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

1 Hintergrund und Zielsetzung

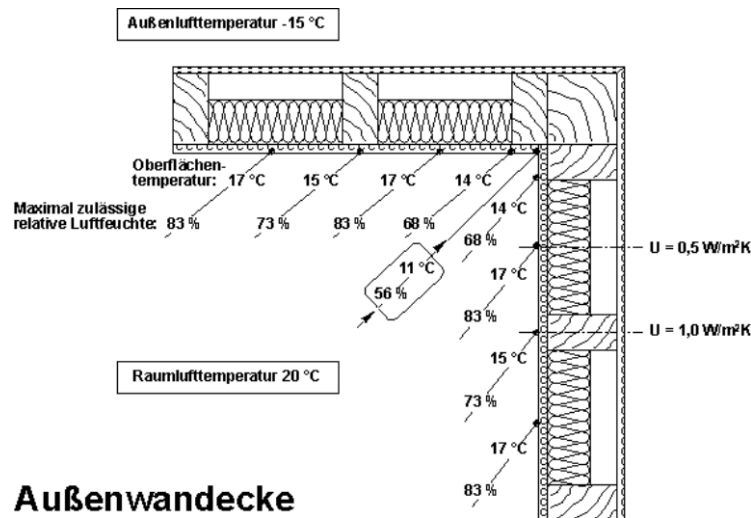
Schimmelpilzbefall, insbesondere an Innenoberflächen von Außenbauteilen, aber auch an anderen Stellen auf und innerhalb von Bauteilen hat in letzter Zeit wieder vermehrt von sich reden gemacht. Ob nun tatsächlich die Fälle mit Schimmelpilzen zugenommen haben, obwohl nachweislich in den letzten Jahren der Dämmstandard in unseren Gebäuden besser wurde, oder ob sich eine zunehmende Sensibilisierung oder Allergisierung in der Bevölkerung bemerkbar macht, kann derzeit nicht eindeutig geklärt werden. Vereinzelt wird in Veröffentlichungen sogar behauptet, dass gerade aufgrund der zunehmenden Dämmungen die Gefahr von Schimmelpilzen in Innenräumen steigen würde. Die vorliegende Ausarbeitung setzt sich mit dieser Fragestellung auseinander und gibt auch Hinweise auf den Einfluss der Dämmung auf die Behaglichkeit und potentielle Gesundheitsgefährdung.

2 Einfluss von Dämmniveau und Wärmebrücken auf Schimmelpilzrisiko

Das Auftreten von Schimmelpilzen auf der Raumseite von Baukonstruktionen hängt von der sich einstellenden Oberflächentemperatur sowie -feuchte ab. Das Dämmniveau, das mit Hilfe des U-Wertes charakterisiert wird, beeinflusst maßgeblich die Oberflächentemperatur an der Innenwand und damit die dort vorliegende relative Luftfeuchte. Eine schlechte Wärmedämmung bzw. ein hoher U-Wert bewirkt niedrige Oberflächentemperaturen und damit verbunden eine Erhöhung der Luftfeuchte und somit hohe Schimmelpilzgefahr.

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Stellen in den Umfassungsflächen eines Gebäudes, durch die nach außen ein größerer Wärmeabfluss als in den angrenzenden Bereichen stattfindet. Sie können durch die geometrischen Verhältnisse bedingt sein (z.B. Kanten und Ecken) oder durch die Aneinanderreihung von Baustoffen unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit (z.B. Tragpfeiler in einer Wand), siehe Bild 1. Die Folgen von Wärmebrücken sind (neben den höheren Energieverlusten) ein Absinken der Temperatur, eine Erhöhung der Feuchte an der

Innenoberfläche und die Gefahr der Unterschreitung der Sättigungstemperatur und damit einer erhöhten Schimmelpilzbildung.



Außenwanddecke

Bild 1 Darstellung des Wärmebrückeneffekts in einer Außenwanddecke, nach [3].

Dieser Effekt wird in Bild 2 am Beispiel einer Außenwanddecke veranschaulicht. Angegeben werden die sich bei einer Holz-Rahmen-Bauweise mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten ein Bereich der Dämmstoffschicht von $0,5\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ sowie von $1,0\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ im Bereich der Pfosten ergebenden Innenoberflächentemperaturen bei einer Außenlufttemperatur von -15 °C und die daraus resultierenden maximal erlaubten Raumluftfeuchten, ohne dass bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C Tauwasser auftritt. Man erkennt, dass im Bereich der geometrischen Wärmebrücke, also in der Raumecke, die tiefsten Temperaturen (mit einem Pfeil gekennzeichnet) an der Wandoberfläche auftreten.

Die Bedingung, ab der keine Schimmelpilzbildung zu erwarten ist, wird in der Regel mithilfe des dimensionslosen Temperaturfaktors f angegeben. Der Temperaturfaktor $f_{R_{si}}$ ergibt sich nach DIN EN ISO 10211-2 [1] unter der Annahme eines Wärmeübergangswiderstands R_{si} an der unverstellten Raumseite einer Außenwand von $0,25\text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ zu:

$$f_{R_{si}} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Dabei sind:

- θ_{si} [°C] Temperatur der Innenoberfläche
- θ_i [°C] Temperatur der Raumluft
- θ_e [°C] Temperatur der Außenluft.

Bild 2 zeigt ein typisches Beispiel, nämlich eine dreidimensionale Ecke eines Innenwand-Außenwandanschlusses. Es ergibt sich ein f-Wert von 0,85. Wird dabei eine „auf der sicheren Seite liegende kritische Luftfeuchte“ von 80 % auf der Bauteiloberfläche nach DIN EN ISO 13788 [2] zugrunde gelegt, so muss der f-Wert über 0,7 liegen, Normbedingungen im Raum, also 20°C und 50 % relative Feuchte vorausgesetzt. Um die in einem Raum bei einer Raumlufttemperatur von 20°C maximal erlaubte relative Feuchte in Abhängigkeit vom f-Wert ermitteln zu können, ist in Bild 3 ein entsprechendes Diagramm angegeben. Dieses basiert nicht auf dem vereinfachten „Schimmelpilzkriterium“ von 80 % Oberflächenfeuchte, sondern auf der temperaturabhängigen relativen Feuchte, wie sie als Schimmelpilz-Wachstumsgrenze (LIM) nach [4] gilt. Man erkennt, dass beispielsweise bei einem f-Wert von 0,7 50 % rel. Feuchte im Raum zulässig sind. Dies entspricht auch den Angaben der Norm, allerdings nur zufällig. Beispielsweise bei einem f-Wert von 0,85 sind dagegen maximal 60 % rel. Feuchte in einem Raum zulässig, ohne dass mit Schimmelpilzbildung gerechnet werden muss.

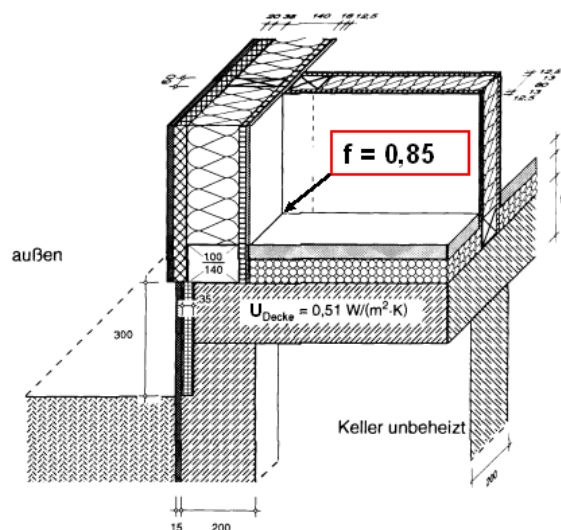


Bild 2 Schematische Darstellung einer Außenwanddecke mit Angabe des sich ergebenden dimensionslosen Temperaturfaktors f in der dreidimensionalen Ecke am Boden.

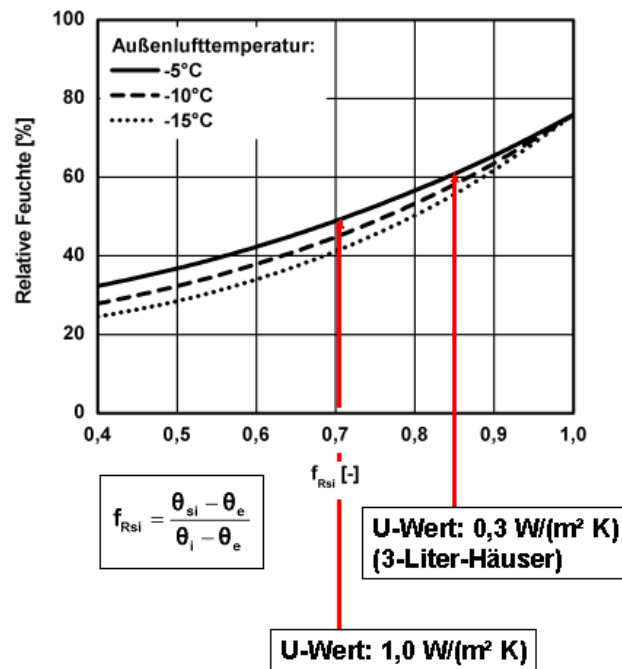


Bild 3 In einem Raum bei einer Raumlufttemperatur von 20°C maximal in Abhängigkeit vom f-Wert erlaubte relative Feuchten, bei denen keine Schimmelpilzbildung auftritt.

Vergleicht man beispielhaft 2 typische Außenwand-Anschlüsse einer Zwischendecke, die im Regelquerschnitt den gleichen U-Wert besitzen, so lässt sich aus den entsprechenden f-Werten (Bild 4 oben und Mitte) folgendes ableiten: Bei einer Außendämmung liegen die f-Werte höher als bei Verwendung einer Innendämmung. Dies belegt, dass außengedämmte Konstruktionen in Bezug auf Schimmelpilzbildung unkritischer sind. Aus dem Vergleich zu den sich ohne Dämmung ergebenden f-Werten (Bild 4 unten) wird sofort erkennbar, dass Dämmmaßnahmen die Gefahr von Schimmelpilzbildung vermindern. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass alle Wärmebrücken ausreichend gedämmt werden.

Die hier dargestellten Zusammenhänge sind bei neu erstellten Gebäuden mit zum Teil erheblichen Mengen von Baufeuchte etwas anders. In diesem Fall ist zu berücksichtigen, dass die Dämmmaßnahmen das Austrocknen der Bausubstanz aufgrund der damit verbundenen zusätzlichen Diffusionswiderstände abhängig von der Diffusionswiderstandszahl, der Dicke der eingesetzten Materialien und der Veränderung der Temperaturgradienten verlangsamen. Dem ist in den ersten zwei Heizperioden durch bewusst erhöhte Luftwechselraten Rechnung zu tragen.

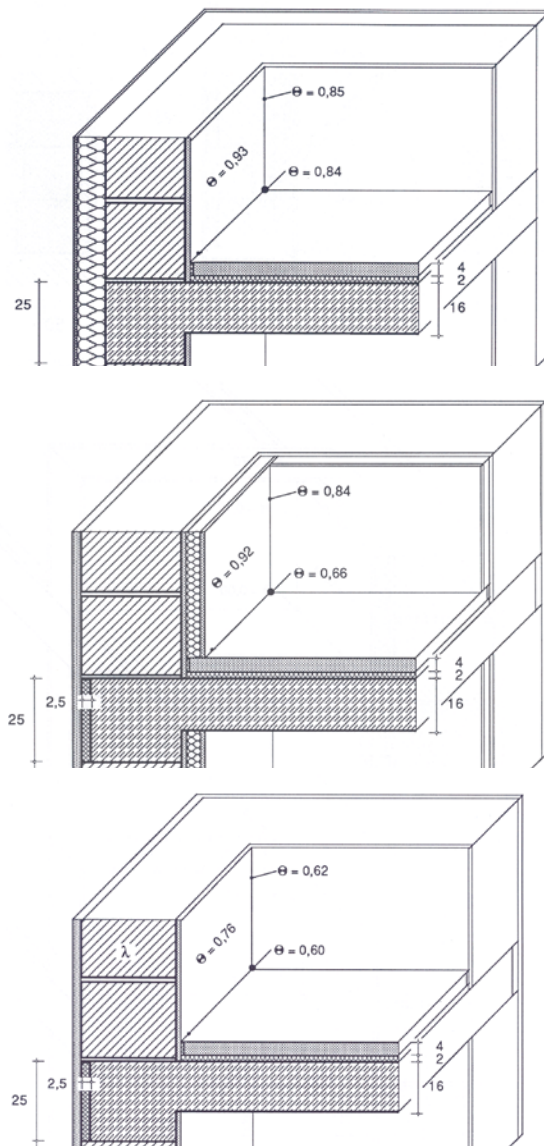


Bild 4 Angabe der sich für typische Außenwand-Anschlüsse ergebenden f-Werte. Im Bild oben mit Außendämmung, Mitte mit Innendämmung und unten ohne Dämmung.

3 Einfluss des Dämmniveaus auf die Behaglichkeit

Der Mensch gibt etwa die Hälfte seiner Körperwärme in Form von Wärmestrahlung an kühlere Umgebungsflächen ab. Deshalb kommt der Oberflächentemperatur im Raum eine große Bedeutung zu. Die bessere Dämmung erzeugt im Winterfall deutlich höhere Oberflächentemperaturen an den Innenseiten von Außenbauteilen. Werden, wie in Abbildung 5 dargestellt, Wand- und/oder Deckenflächen durch schlechtere Dämmung „gekühlt“, so wird dem Körper Wärmeenergie durch Strahlung entzogen. Das Behaglichkeitsempfinden stellt sich dann erst bei höheren Raumtemperaturen ein. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 5 gezeigt. Als Idealzustand gilt, wenn die Wände, Fußboden und Decke weitgehend

einheitliche Temperaturen aufweisen. Das bedeutet, dass höhere Oberflächentemperaturen es ermöglichen – bei gleicher Behaglichkeit – niedrigere Raumlufthtemperaturen zu gestatten. Auch hier wird Energie gespart, da die im Zuge der Lüftung zugeführte Außenluft weniger erwärmt werden muss. Ferner ergeben sich geringere Unterschiede der Wand- und Raumlufthtemperaturen.

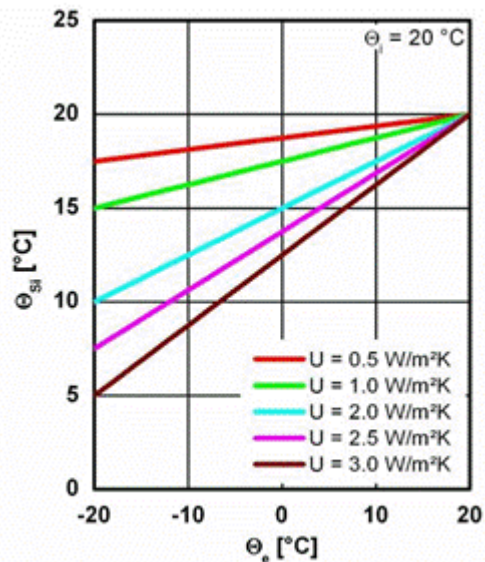


Bild 5 Abhängigkeit der Innenraumoberflächentemperatur vom Dämmstandard und Außenklima

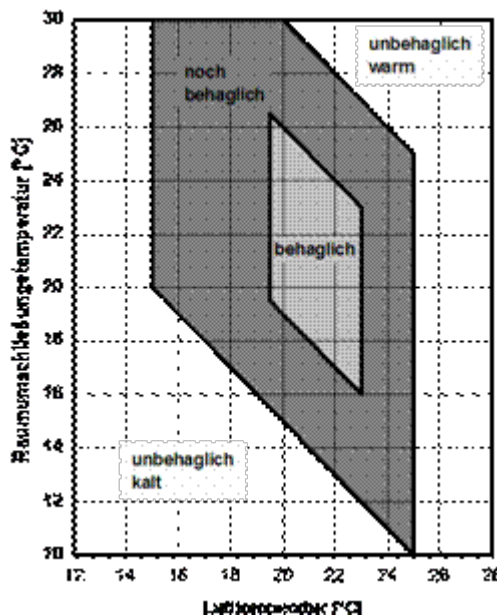


Bild 6 Zusammenhang zwischen Raumumschließungstemperatur und notwendiger Lufttemperatur zum Erzielen behaglicher Verhältnisse in einem geschlossenen Raum.

4 Potentielle Gesundheitsgefährdung durch mikrobiellen Bewuchs

Gerade in jüngster Zeit geraten Fassaden besiedelnde Organismen in den Blickpunkt, da vermehrt von Schäden, insbesondere unerwünschten Verfärbungen der Oberfläche, berichtet wird. Für Verfärbungen, die ohne wesentliche sichtbare strukturelle Veränderung der Fassaden vor sich gehen kommen vor allem Algen und einzelne Schimmelpilze in Betracht, Bakterien treten nur sehr selten als sichtbare Erscheinungen auf. Während die meisten Schimmelpilze ständige Befeuchtung bzw. hohe Luftfeuchtigkeit benötigen können vor allem die hier vorkommenden Algen, Flechten und Moose zum Teil relativ lange Perioden der Trockenheit überstehen.

Aufgrund der zunehmenden Wärmedämmung steigt die Häufigkeit von Tauwasserbildung auf der Außenoberfläche der Fassade. Damit ist die wichtigste Grundlage für Schimmel- und Algenwachstum, eine hohe Feuchte, auf der Wand immer häufiger gegeben (siehe Bild 7).



Bild 7 Schimmelpilzbildung oberhalb des Fensters und Algenbewuchs (darunter) an einer mit WDVS gedämmten Fassade.

Bei WDVS-Konstruktionen ist die Speicherfähigkeit des außenseitigen Oberflächenbereichs deutlich geringer, als bei einer monolithischen Wand mit demselben U-Wert. Dies führt zu einer geringeren Tauwasserbelastung bei monolithischen Wänden; Tauwasserfreiheit ist aber auch hier nicht gegeben. Das in Bild 8 dargestellte Diagramm zeigt für den Vergleich einer rein monolithisch aufgebauten Westwand mit einer Wand mit Wärmedämmverbundsystem die berechneten Zeiten der Betauung für die Hauptwachstumsperiode im September und Oktober in Abhängigkeit vom Wärmedurchgangskoeffizienten der Wand. Ebenfalls dargestellt sind die einzuhaltenden U-Werte, der unterschiedlichen Wärmeschutzverordnungen. Die obere Begrenzungslinie des schraffierten Bereichs stellt beim WDVS eine Konstruktion mit expandiertem Polystyrol (EPS) dar. Die untere Begrenzungslinie repräsentiert eine Holzfaserdämmung. Bei der

monolithischen Wandkonstruktion gilt die obere Begrenzungslinie des dargestellten Bereichs für eine mit Porenbeton konstruierte Außenwand, die untere für eine Ziegelwand.

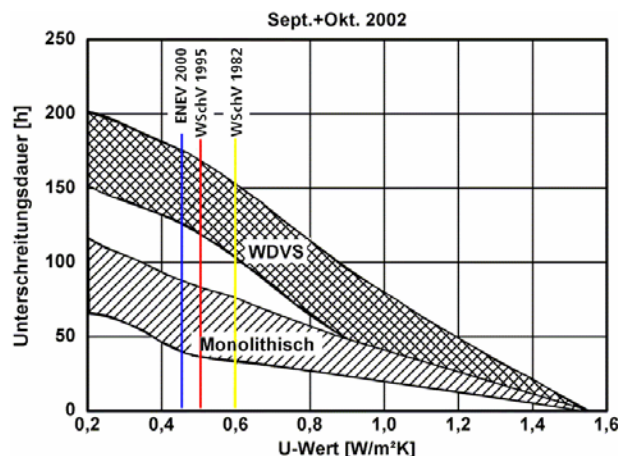


Bild 8 Vergleich rein monolithisch aufgebauter Wandkonstruktion mit einer Wand mit Wärmedämmverbundsystem.

Besonders Bakterien und Pilze geben an ihre Umgebung auch Stoffe ab, die ihnen durch die Hemmung von potentiellen Nahrungskonkurrenten einen Vorteil verschaffen. Bekanntestes Beispiel ist hier das Antibiotikum Penicillin, welches von bestimmten Pilzen erzeugt wird und bakterizid wirkt. Aufgrund der im Vergleich zum Innenraum relativ ungünstigen Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze ist an der Außenfassade in den meisten Fällen nur eine vergleichsweise geringe Biomasse zu finden. Die mit jahreszeitlichen Schwankungen in der Außenluft immer vorhandene „Hintergrundbelastung“ an Sporen und potentiell allergenen Bruchstücken wird durch den an der Fassade auftretenden Bewuchs kaum verändert. Im Gegensatz zum Innenraum stellt der mikrobielle Bewuchs auf den Fassaden deshalb nur ein optisches und keinerlei gesundheitliches Problem dar.

5 Zusammenfassung

Eine verbesserte Außendämmung führt, wie in dieser Arbeit dargelegt, zu höheren Außenwandinnenoberflächentemperaturen und mit der damit verbundenen Absenkung der Oberflächenfeuchte zu verringertem Schimmelpilzrisiko. Auch die negative Wirkung von Wärmebrücken wird durch eine Außendämmung vermindert. Im Gegensatz dazu kann eine Innendämmung den Einfluss einer geometrischen Wärmebrücke verstärken, was bei der Planung besondere Berücksichtigung finden muss. Die durch die Dämmung erzielten höheren Außenwandinnenoberflächentemperaturen führen auch zu einer verbesserten Behaglichkeit. Dies bedeutet, dass zusätzlich dadurch Energie eingespart werden kann, dass – bei gleicher

Behaglichkeit – niedrigere Raumlufttemperaturen möglich sind. Allerdings wird durch die bessere Dämmung auch das Risiko eines mikrobiellen Bewuchses erhöht. Dies stellt aber ein rein optisches Problem dar und ist nicht mit einer Gesundheitsgefährdung verbunden. Um Wege zu finden, einen derartigen Bewuchs möglichst ohne Biozideinsatz zu vermeiden sind umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden, die in [5] ausführlich dokumentiert sind.

5 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN ISO 10 211 – Wärmebrücken im Hochbau. Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen. Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken. (2001 - 6).
- [2] DIN EN ISO 13 788 – Berechnung der Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchten und Berechnung der Tauwasserbildung im Bauteilinneren (2001 – 11).
- [3] Gertis, K.; Mehra, S. R.: Bauphysik, Vorlesungsskript. Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2001).
- [4] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart (2001)
- [3] Hofbauer, W.; Fitz, C.; Krus, M.; Sedlbauer, K.; Breuer, K.: Prognoseverfahren zum biologischen Befall durch Algen, Pilze und Flechten an Bauteiloberflächen auf Basis bauphysikalischer und mikrobieller Untersuchungen. Hrsg.: Fraunhofer-Institut für Bauphysik –IBP-, Holzkirchen; Bauforschung für die Praxis Band 77. IRB-Verlag. ISBN 978-3-8167-7102-9.