

Grenzen der Innendämmung

VON UDO SONNENSCHNEIN



Bild 1: Innenwand vor ...



... und während des Anbringens der Dämmung

Fotos: proclima deutschland

An haus- und betriebstechnischen Anlagen ist eine Innendämmung in der Regel unkritisch.

Im Hochbau dagegen entpuppt sich die Innendämmung häufig als Problemfall – man kann manches richtig machen, aber auch vieles falsch. Fehler stellen sich oft hinterher während der Nutzung heraus und wenn es zu spät ist. Es soll deshalb ein Überblick über zu beachtende Punkte gegeben und der Frage nachgegangen werden, welche Bedingungen bereits bei der Planung zu beachten sind und wo Grenzen liegen, damit später Schäden vermieden werden.

Eine grundlegende Frage, die sich bei Innendämmungen immer stellt, ist die Frage nach der Notwendigkeit von bremsenden oder sperrenden Stoffen oder Schichten. Im Bereich haus- und betriebstechnischer Anlagen (Definition in DIN 4140) verwendet man die Begriffe Dampfbremse oder dampfsperrender Stoff ($s_d \geq 1.500\text{m}$). Im Bereich des Hochbaus orientiert man sich an den Definitionen der DIN 4108-3; aber umgangssprachlich werden die Begriffe „Dampfbremse“ und „Dampfsperre“ undifferenziert benutzt. Die Normbegriffe unterscheiden drei verschiedene Fälle:

1. Diffusionsoffene Schicht mit $s_d \leq 0,5\text{m}$
2. Diffusionshemmende Schicht mit $s_d 0,5\text{m} < s_d < 1,500\text{m}$
3. Diffusionsdichte Schicht mit $s_d \geq 1.500\text{m}$

Beide Begriffe „Dampf“ oder „Diffusion“ meinen im Grunde einen gleichen Vorgang, nämlich den



Foto: Dollenberg

Bild 2: Innendämmung mit umgeschlagener Folie am Flansch



Foto: Dollenberg

Bild 3: Blick in den gedämmten Kanal

Durchgang bzw. Diffusion von Wasserdampf (keine Luft) durch eine luftdichte Schicht. In diesem Zusammenhang sind zwei weitere Begriffe zum besseren Verständnis zu erklären: Tauwasser und Schwitzwasser. Tauwasser setzt sich als Kondensat **im** Bauteil ab und Schwitzwasser als Kondensat **auf** einer Bauteiloberfläche.

Haus- und betriebstechnischen Anlagen

Es werden zuerst Innendämmungen an haus- und betriebstechnischen Anlagen betrachtet. Die hier verwendeten Innendämmungen, z. B. an Kanälen, sind aus feuchtechnischer Sicht problemlos. Die Außenwand aus Metall bildet in der Regel die dampfsperrende Schicht gegenüber der Außenluft, so dass weder mit Diffusion noch mit Konvektion zu rechnen ist.

Probleme bereiten die Art der Befestigung am Untergrund im Zusammenhang mit Sogkräften und die Möglichkeit von Schwitzwasserbildung auf der Innenseite. Schwitzwasser tritt an kalten Oberflächen oder an einzelnen Stellen auf, wenn der Taupunkt an diesen Stellen unterschritten wird. Schwachpunkte können Haltebol-



Bild 4: Innenbekleidung in einem Rauchgaskanal

zen sein, die die innere Bekleidung halten. Bei groß dimensionierten Kanaloberflächen, z. B. bei Rauchgaskanälen, kann man nicht auf Befestigungsbolzen verzichten. Sie müssen deshalb vorher auf mögliche Taupunktunterschreitungen untersucht werden. Bild 4 zeigt einen Blick in einen Rauchgaskanal. Die über die Innenbekleidung hinausragenden Befestigungsbolzen sind gut zu erkennen.

Im Bereich Haustechnik sind Überlegungen und Prüfungen zur Schwitzwasserbildung an der Oberfläche in der Regel nicht erforderlich. Innenliegende Befestigungen sind nicht erforderlich und meistens auch nicht gewünscht, wie das Beispiel in den Bildern 2 und 3 zeigt. Hier wurde eine praktisch selbsttragende Konstruktion verwendet, in dem die auf Maß zugeschnittenen Dämmstoffplatten

auf die innere Oberfläche geklebt wurden. Der endgültige Halt wird durch eine metallische Folie hergestellt. Um der durchströmenden Luft keinen Angriffspunkt zu bieten, ist bei geraden Kanälen nur eine Längsnaht vorhanden. Am Flansch wird die Quernaht um den Flansch geschlagen, so dass der Gegenflansch die beiden Folienenden beim Anschrauben anpresst. Damit wird mit einfachen Mitteln eine fast nahtfreie Verbindung hergestellt. Schwitzwasser kann wegen fehlender Durchdringungen nicht auftreten. Das Prinzip ist genial einfach und wirkungsvoll.

Hochbau

Innendämmungen in Gebäuden sind seit Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 aktueller geworden, werden aber auch als sehr kritisch angesehen. Für den Energiesparwilligen ist sie häufig der letzte Ausweg, wenn eine Außendämmung nicht möglich oder auch aus historisch, gestalterischen Gründen nicht gewollt ist. Eine Fassade, wie sie in Bild 5 dargestellt ist, wollte der Besitzer nicht „opfern“, in dem er die Dämmung von außen anbringen lässt. An praktischen Beispielen sollen die Grenzen der Innendämmung erläutert werden.

Was ist planerisch vor Beginn einer Ausführung zu beachten? Zunächst ist zu prüfen, ob die Vorgaben der EnEV gelten oder ob Ausnahmen geltend gemacht werden können. Die Erfüllung der Anforderungen wird in der Regel der Fall sein. Es gilt dann die Anforderung aus Anlage 3 (1): „Beim Einbau von innenraumseitigen Dämmschichten gemäß Buchstabe c gelten die Anforderungen des Satzes 1 als erfüllt, wenn der Wärmedurchgangskoeffizient des entstehenden Wandaufbaus $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ nicht überschreitet.“

Wahl der Dämmdicke

Mit der Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten auf $U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ist die erste Grenze bereits genannt. Sie wird durch ei-



Bild 5: Beispiel für eine erhaltenswerte Fassade

ne Dämmdicke von 80 mm bei folgendem Aufbau (Tabelle 1) erfüllt. Die Wirkung von Dämmschichtdicken und ihr effektiver Bereich kann aus Tabelle 2 entnommen werden.

Mit verbesserter Wärmeleitfähigkeit reduziert sich die Dämmschichtdicke. Der Wärmedurchgangskoeffizienten von $U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ist bei den Dämmschichtdicken in Tabelle 2 erfüllt.

Es soll nun der Frage nachgegangen werden, ob eine diffusionshemmende Schicht am obigen Beispiel erforderlich ist. DIN 4108-3 legt Bedingungen fest, bei denen auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet wird. Das bedeutet: Die Konstruktion ist entweder tauwasserfrei oder das anfallende Tauwasser ist unschädlich. Die Bedingungen sind: Der Wärmedurchlasswiderstand der Dämmschicht muss $R \leq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ und der s_d -Wert muss $s_d \geq 0,5 \text{ m}$ sein. Die Forderung wird erreicht mit einer Dämmschichtdicke von 40 mm bei $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ oder 35 mm bei $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ und einer Innenbekleidung, z. B. aus Putz. Bei abweichenden Werten, wie z. B. bei der EnEV-Anforderung, gilt diese Befreiung nicht. Es ist in jedem Einzelfall ein rechnerischer Nachweis zu führen.

Für so genannte EnEV-Konstruktionen ist also immer ein Nachweis darüber zu führen, ob die Grenzvorgaben nach DIN 4108-3 eingehalten sind. Die Grundanforderungen befinden sich im Abschnitt 4.2.1 „Anforderungen“. Danach muss das Tauwasser während der Verdunstungsperiode an die Umgebung abgegeben werden können. Es gilt: $m_{w,T} \leq m_{w,V}$. Hinzu kommen Massenbegrenzungen für die Gesamtmasse ($1,0 \text{ kg}/\text{m}^2$) und Berührungsflächen an kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schichten ($0,5 \text{ kg}/\text{m}^2$). Für Berührungsflächen an Holz gilt eine Massenzunahme von mehr als 5% und bei Holzwerkstoffen von mehr als 3% als unzulässig.

Wird eine diffusionshemmende Schicht verwendet, sollte sie zwischen der Gipskartonplatte und



Foto: P. Nordmann, Gütersloh

Bild 6: Innenseitige Dämmung der Außenwand mit gleichzeitiger Dämmung der Verbindenden Innenwand

dem Dämmstoff eingebaut werden. Eine zusätzliche Berechnung hinsichtlich ihrer Wirkung erübrigt sich. Materialien mit $s_d \geq 0,50 \text{ m}$ reichen unter Berücksichtigung der EnEV-Bedingungen ($U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) bereits für eine tauwasserfreie Konstruktion aus (siehe Tabelle 3).

Beim Bauteilaufbau in Tabelle 3 wurde auf eine Dampfbremse verzichtet, um zu zeigen, dass bei den

gewählten Dämmstoffeigenschaften die Normanforderungen erfüllt werden.

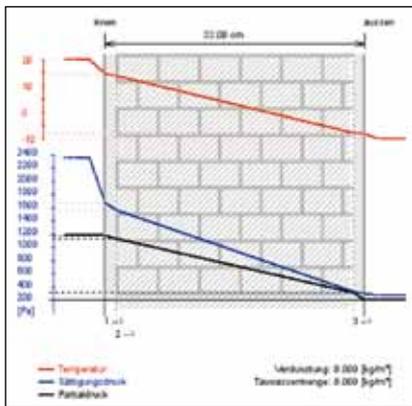
Der ursprünglich tauwasserfreie Wandaufbau ist, nachdem eine Innendämmung mit einem 80 mm dicken Dämmstoff und einem μ -Wert von 80 eingebaut wurde, nicht mehr tauwasserfrei. Die Tauwassermenge von $6 \text{ g}/\text{m}^2$ kann jedoch vernachlässigt werden, da die Verdunstungsmenge $371 \text{ g}/\text{m}^2$ be-

Schicht	Dicke [mm]	μ [-]	s_d [m]	λ [W/mK]	Ergebnisse:
Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	8/8	0,1	0,25	Wand ohne Dämmstoff: $R = 0,74 \text{ m}^2/\text{K/W}$ $U = 1,35 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Dämmstoff	80	80/250	6,4	0,035	
Gips-Kalkputz	15	10/10	0,15	0,58	
Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel RD 1400	300	5/5	1,5	0,58	Wand mit Dämmstoff: $R = 3,08 \text{ m}^2/\text{K/W}$ $U = 0,32 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Außenputz	15	25/25	0,375	0,83	

Tabelle 1: Aufbau der Wand

	Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK	Dämmschichtdicke in mm
1	0,040	90
2	0,035	80
3	0,032/0,030	70
4	0,025	60
5	0,020	50

Tabelle 2: Reduzierte Dämmschichtdicke

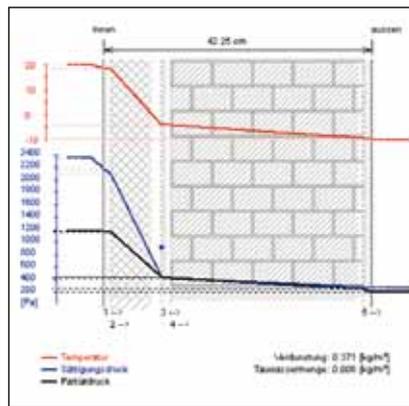


Grafik 1: Temperatur- und Dampfdruckverlauf beim ursprünglichen Wandaufbau

trägt. Die geringe Tauwassermenge verteilt sich an der alten Innenputzschicht. Dieser Wandaufbau ist brauchbar. Wo liegen aber die Grenzen der Anwendbarkeit, wenn andere Dämmstoffe mit anderen Eigenschaften eingesetzt werden?

Grenzen durch den μ -Wert und der Wärmeleitfähigkeit

Der obige Wandaufbau ist wieder Grundlage für die nächste Betrachtung. Es soll überprüft werden, welchen Einfluss der μ -Wert und die



Grafik 2: Temperatur- und Dampfdruckverlauf mit 80 mm Dicke und $\mu = 80$

Wärmeleitfähigkeit auf die Dämmschichtdicke haben. Für einen Dämmstoff mit 80 mm Dicke ist nicht immer Platz. Deswegen ist es verständlich, wenn ein Bauherr eine schlankere Konstruktion wünscht. Die Änderung der einzelnen Werte für die Wärmeleitfähigkeit und den μ -Wert ist in Tabelle 4 dargestellt.

Zur besseren Übersicht sind die Tauwassermengen grafisch dargestellt.

Aus Grafik 3 ist zu erkennen, dass mit abnehmenden μ -Werten die

Tauwassermassen zunehmen. Diese Feststellung ist trivial, da allgemein bekannt. Aus dem Kurvenverlauf der Grafik 3 ist jedoch auch zu sehen, dass die Tauwasserzunahme zwischen $\mu \leq 40$ und $\mu = 20$ leicht und ab $\mu \leq 20$ sprunghaft ansteigt. Grafik 4 zeigt zusätzlich, dass auch die Wärmeleitfähigkeit Einfluss auf die Tauwassermassen nimmt. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit, desto höher ist die ausfallende Tauwassermasse (siehe Tabelle 4).

Bei den gewählten Dämmstoffeigenschaften liegt die Grenze bei etwa $\mu = 10$ mit der Bedingung, dass die Verdunstungsmenge $m_{w,v}$ größer ist. Das Verhältnis zwischen der Tauwasser- und Verdunstungsmenge kippt bei $\mu \leq 5$.

Frost- oder Gefriergrenze

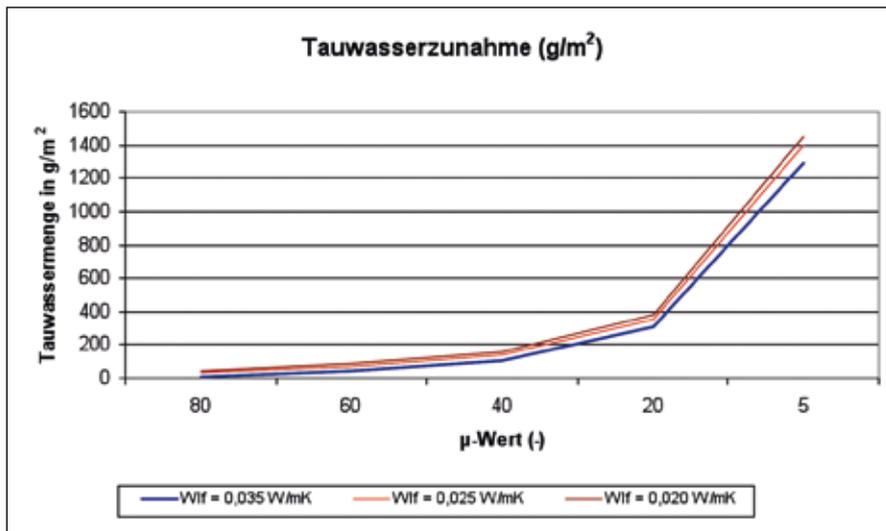
Im obigen Beispiel liegt die Kondensationsebene zwischen dem Dämmstoff und dem alten Innenputz. Da Innenputze kapillar saugend sind, wird sich das aufgenommene Wasser im Putz verteilen. Überschüssige Mengen dringen auch ins Mauerwerk oder in den

Schicht	Dicke [mm]	μ [-]	s_d [m]	λ [W/mK]	Temperatur [°C]	Wasserdampf-sättigungsdruck [Pa]	relative Sättigung [%]	Wasserdampf-partialdruck [Pa]
Raumluft	-	-	-	-	20,0	2339	50	1169
Gipskartonplatten nach DIN 18180	12,5	8/8	0,1	0,25	18,7	2161	54	1169
Dämmstoff	80	80/80	6,4	0,035	18,2	2096	55	1159
Gips-Kalkputz	15	10/10	0,15	0,58	-4,1	433	100	433
Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel RD 1400	300	5/5	1,5	0,58	-4,4	727	98	417
Außenputz	15	25/25	0,375	0,83	-9,4	273	91	250
Außenluft	-	-	-	-	-9,6	269	77	208
					-10,0	260	80	208

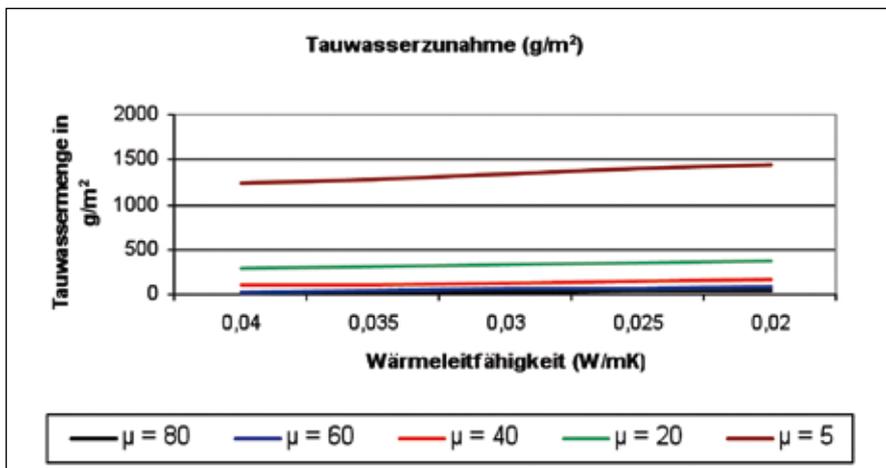
Tabelle 3: Bauteilaufbau mit Temperatur- und Dampfdruckangaben

μ -Werte (-)	Wärmeleitfähigkeiten (W/mK)				
	0,04	0,035	0,030	0,025	0,020
	Tauwassermengen (g/m²)				
80	0	6	20	34	48
60	27	41	56	71	86
40	93	109	126	143	161
20	284	306	329	353	377
5	1.235	1.287	1.341	1.396	1.452

Tabelle 4: Tauwassermengen (g/m²) bei verschiedenen μ -Werten und Wärmeleitfähigkeiten für eine Dämmschichtdicke von 80 mm ohne zusätzlicher diffusionshemmende Schicht

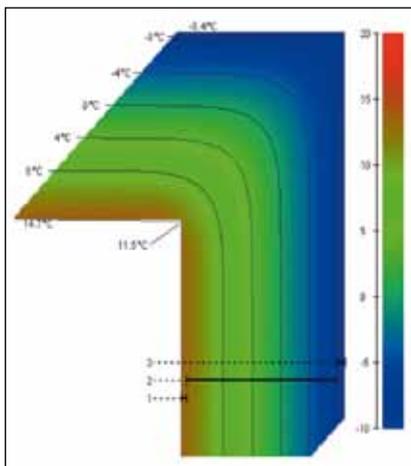


Grafik 3: Tauwasserzunahme über den μ-Wert (s = 80 mm)



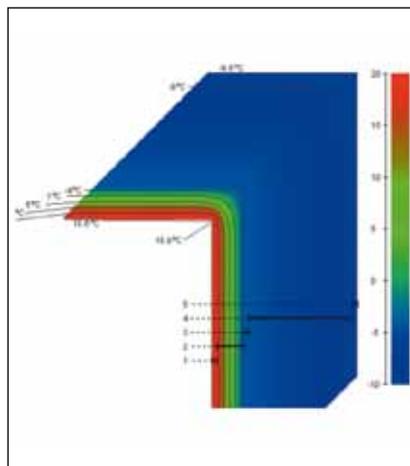
Grafik 4: Tauwasserzunahme bei geänderter Wärmeleitfähigkeit (s = 80 mm)

Dämmstoff ein. Die Kurvenverläufe in den unten stehenden Grafiken 5 und 6 enthalten mehrere Auffälligkeiten:



Grafik 5: Temperaturverlauf ohne Innendämmung

- Ohne Innendämmung ist der Wandaufbau tauwasserfrei; mit Innendämmung kann Tauwasser auftreten.



Grafik 6: Temperaturverlauf mit Innendämmung

- Ohne Innendämmung liegt die Frostgrenze zwischen Außenputz und Mauerwerk (-7,6 °C); mit Innendämmung liegt sie vor dem Innenputz (-4,1 °C; siehe Tabelle 3). Das Mauerwerk ist bei einer Innendämmung vollständig frostgefährdet.
- Gelangt Tauwasser durch kapillares Saugen ins Mauerwerk und verdunstet nicht schnell genug, kann es an diesen Stellen zu Aufrierungen oder Abplatzungen kommen.
- Mit einer Innendämmung lassen sich auf der Innenseite höhere Oberflächentemperaturen erreichen (18,6 °C auf der Fläche und 18,0 °C in der Raumecke). Ohne Innendämmung liegen die Oberflächentemperaturen bei 14,7 °C und bei 11,5 °C in der Raumecke. Die Raumecke ist schimmelgefährdet.

Die beiden Kriterien, Auswahl des Dämmstoff/Dämmschichtdicke und Gefrieren des Tauwassers, zeigen Grenzen auf und die Erkenntnis, dass eine Innendämmung gut geplant werden muss. Darüber hinaus müssen auch anderweitige Kriterien, wie z. B. Vermeidung von Hinterlüftungen der innenseitigen Abdeckung mit Raumluft, luftdichte Anschlüsse an bestehende Wände oder Einbauten, einbindende Holzbalken, Fensteranschlüsse, mit in die Planungsüberlegungen einbezogen werden. Eine Innendämmung ist alleine aus den hier angeführten Kriterien eine sehr komplexe Konstruktion. Sie stellt hohe Anforderungen an den Planer und Ausführenden.

Diffusionshemmende Schicht?

Mit diesen bisher angestellten Überlegungen lässt sich die Frage nach dem Einsatz einer diffusionshemmenden Schicht beantworten, wenn zwei Grundbedingungen erfüllt sind. Die Dämmschichtdicke muss nach DIN 4108-2 ausreichend sein. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn die Außenwand gleichzeitig auch die Bedingungen der EnEV erfüllt. Die Mindestdämmschichtdicke ist dann einge-

halten. Die weitere Bedingung ist erfüllt, wenn die Außenwand luftdicht nach DIN 4108-7 ausgeführt ist. Eine beidseitig verputzte Wand zum Beispiel gilt als luftdicht.

Diesen Bedingungen stehen jedoch die Bedingungen nach DIN 4108-3 entgegen (Wärmedurchlasswiderstand der Dämmschicht $R \leq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ und der Wert für $s_{d,i} \geq 0,5 \text{ m}$). Diese Bedingung begrenzt die Nachweisfreiheit auf eine Dämmschichtdicke von 40 mm bei $\lambda = 0,040 \text{ W}/\text{mK}$, auch wenn der Wert für $s_{d,i} \geq 0,5 \text{ m}$ ist. Darüber hinausgehende Dämmschichtdicken unterliegen einem rechnerischen Nachweis. Das heißt, es können unzulässig hohe Tauwassermassen im Bauteil auftreten.

Mit einer diffusionshemmenden Schicht lassen sich viele Probleme lösen, die bei einer fehlenden diffusionshemmenden Schicht als so genannte Nebeneffekte auftreten, z. B. luft- oder diffusionsdichte Anschlüsse an andere Bauteile. Allerdings sind diese Anschlüsse nicht immer leicht herstellbar. Die Verwendung einer diffusionshemmenden Schicht bietet sich immer dann an, wenn mit hohen Tauwassermassen zu rechnen ist, der Dämmstoff kapillar nicht leitfähig ist, der μ -Wert unter 10 liegt oder s_d kleiner als 0,5 m ist, (siehe Grafik 3) oder andere Feuchtequellen, z. B. aus Schlagregen, vorliegen.

Konstruktionen ohne eine diffusionshemmende Schicht sind möglich, wenn die oben angeführten Kriterien bei der Planung berücksichtigt werden. Wichtig sind Fragen nach dem einzusetzenden Dämmstoff. Welche Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl liegt vor? Wie dick soll der Dämmstoff sein? Ist er kapillar saugend oder nicht?

Bei Verwendung von kapillar leitfähigen Dämmstoffen aus Kalzium-Silikat kann auf eine diffusionshemmende Schicht verzichtet werden. Aus diesen Gründen nimmt der Einsatz dieser Dämmstoffe zu. Der Verzicht einer diffusionshemmenden Schicht ist möglich, weil derartige Dämmstoffe auftretendes Tauwasser in ihren Poren aufneh-



Bild 7: Fassade mit geschädigtem Außenputz

men und wieder abgeben können. Die Abgabe geschieht auch in Gegenrichtung des Diffusionsstroms, also auch wieder zurück in den Raum. Nachteilig ist die je nach Hersteller angegebene Wärmeleitfähigkeit mit $\lambda \geq 0,06 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ und die Begrenzung der Lieferdicken zur Zeit bis 50 mm. Der μ -Wert wird ebenfalls je nach Hersteller zwischen 4,6 und 6 angegeben. Die Dämmschichtdicke zur Erfüllung der EnEV-Anforderungen beträgt je nach Mauerwerksausführung mind. 140 mm, was zu Konflikten führen kann. Daraus folgt, dass die Kombination verschiedener Dämmstoff denkbar ist, um zum einen die Vorteile des Calcium-Silikat Dämmstoffs zu nutzen und zum anderen die Dämmschichtdicken zu reduzieren. Ein weiterer Vorteil von Calcium-Silikat-Platten ist der hohe pH-Wert von 14. Die Alkalität des Dämmstoffs verhindert das Entstehen von Schimmel.

Das Verlegen der Dämmstoffplatten ist relativ einfach. Zu beachten ist aber, dass die Platten vollflächig auf dem Untergrund angesetzt bzw. verklebt werden. Es dürfen keine freien Flächen bleiben, da der Feuchteaustausch nur über eine bestehende Kontaktfläche möglich ist.

Schlagregen und Austrocknung des Mauerwerks

Aus Grafik 6 ist zu erkennen, dass bei größerer Dämmschichtdicke die Schichttemperaturen im Mauerwerk und im Außenputz abnehmen. Die reduzierte Temperatur im Mauerwerk hat Auswirkungen auf das Trocknungsverhalten. Weil weniger Energie zum Austrocknen zur Verfügung steht, dauert das Austrocknen erheblich länger als bei einem „warmen“ Mauerwerk. Der Vorteil einer nicht gedämmten Wand im Bestand ist, dass die eingedrungene Feuchte bzw. Wasser nach beiden Richtungen wieder austrocknen kann. Wurde bei der Innendämmung eine diffusionshemmende Schicht eingelegt oder diffusionshemmendes Material verwendet, wird als deren Folge das Austrocknen nach Innen stark reduziert. Es bleibt nur der Weg nach außen. Die über mehrere Perioden eingedrungenen Wassermassen können sich zu immer größeren Mengen ansammeln. Die nächste Trocknungsphase verringert die vorhandene Menge, es bleiben mehr oder weniger große Restmengen an Wasser in den Grenzschichten oder auch im Mauerwerk.

Ein ausreichendes Trocknungspotenzial ist demzufolge erforder-

	R (m ² K/W)	Dämmdicke mit λ = 0,04 (W/mK) in (mm)	Wasserauf- nahmekoeffizient Ww (kg/m ² h ^{0,5})	Ergebnis: s _d -Wert (m)	Bemerkungen
01	0,5	20	> 1,0	0,5	Nach DIN 4108-3
1	0,8	32	> 1,0	0,6	
2	0,8	32	< 0,5	1,6	
3	1	40	> 1,0	0,7	
4	1	40	< 0,5	2	
5	2	80	> 1,0	1,5	Eingangsbeispiel
6	2	80	< 0,5	4	

Tabelle 5: Ergebnisse verschiedener Beispiele (Dämmung mit diffusionshemmender Schicht) zur Bestimmung des s_d-Wertes

lich, insbesondere dann, wenn der Außenputz einen verminderten Schlagregenschutz hat. Wird die Innendämmung nicht darauf abgestimmt, kann das zu erheblichen Schäden an der Außenwand führen. Bild 7 zeigt eine Fachwerkfassade, die eine Innendämmung hat. Im Bereich der Innendämmung ist der Außenputz wegen fehlender Trocknungsenergie deutlich geschädigt.

Der Schlagregenschutz ist ebenfalls in DIN 4108-3 geregelt. Danach werden an den Außenputz bestimmte Anforderungen gestellt. Sie sind nach Beanspruchungsgruppen I bis III gegliedert. Kriterien sind jeweils die örtlichen Jahresniederschlagsmengen (I ≤ 600 mm, II ≤ 800 mm und III > 800 mm) und die Lage, ob sie windgeschützt ist oder nicht. Zusätzlich wird die Wirkung des Regenschutzes von Außenputzen und Beschichtungen durch den Wasseraufnahmekoeffizienten w, und ihre wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschicht-

dicke s_d bestimmt. Kriterien für den Regenschutz sind, ob ein Putz wasserabweisend oder wasserhemmend ist. Der Wasseraufnahmekoeffizient für einen wasserabweisenden Putz beträgt w ≤ 0,5 kg/(m²·h^{0,5}) und für einen wasserhemmenden Putz 0,5 < w < 2,0 kg/(m²·h^{0,5}). Bestehen Zweifel über die Wasseraufnahmefähigkeit des Putzes, sind entsprechende Untersuchungen vorzunehmen.

Einige Beispiele:

Mauerwerk aus Ziegeln, beidseitig verputzt, ist eine gängige Ausführung und hat sich langjährig bewährt. Die äußere Putzschicht ist meistens für den Schlagregenschutz geeignet. Unverputztes Ziegelmauerwerk gilt dagegen als „Wasserspeicher“. Das Wasser dringt ein und trocknet nach einiger Zeit wieder nach innen und außen aus. Voraussetzung dafür ist, dass die Fugen hohlraumfrei und wasserabweisend sind. Ansonsten hält die Fuge das Wasser länger

fest. Im Gegensatz zum einschaligen Mauerwerk sind zweischalige Mauerwerkskonstruktionen hinsichtlich Wasseraufnahme unproblematisch, da das Wasser in der Außenschale bleibt und nicht in die innere Schale übertragen wird.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass das Austrocknungsverhalten auch von der Himmelsrichtung abhängig ist. Die Westseite verhält sich gegenüber den drei anderen Seiten kritischer. Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst bei einem wasserabweisenden Außenputz, eine Innendämmung (4 cm mit λ = 0,040 W/m·K) zu einer erheblich erhöhten Wassermasse führen kann.

Aus den Beispielen wird ersichtlich, dass das Tauwasserproblem nicht von anderen Wasserquellen losgelöst betrachtet werden kann. Die Wassermasse, die durch den Schlagregen oder auch durch Konvektion in das Bauteil eingetragen wird, muss im Sinne einer Bilanz bewertet werden. Allein aus diesem Grund reicht die Nachweisführung und insbesondere eine alleinige Bewertung mit dem Rechenverfahren nach DIN 4108-3 („Glaserverfahren“) nicht aus. Diese Lücke versucht das WTA-Merkblatt zu schließen.

WTA-Nachweisverfahren

Das Kürzel „WTA“ steht für „Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.“. Der Verein hat ein Merkblatt (WTA-Merkblatt 6-4 2009-05) als Planungsleitfaden für Innendämmungen herausgegeben. Darin schlägt er einen vereinfachten Nachweis anhand eines grafischen Verfahrens vor, der die Gesamtproblematik berücksichtigt. Für die Anwendung werden folgende Bedingungen angegeben:

- funktionsfähiger Schlagregenschutz nach DIN 4108-3,
- Wärmedurchlasswiderstand der Außenwand R ≥ 0,39 m²·K/W,
- Normales Raumklima
- Jahresmitteltemperatur > 7 °C,
- eine wärmetechnische Verbesserung ΔR 2,5 bzw. 2,0 m²·K/W.

$s = \lambda \alpha_i \cdot ((\delta_i - \delta_a) / (\delta_i - \delta_n)) - 1$	Darin bedeuten:
	δ_i, δ_a Innen- bzw. Außentemperatur in °C $\delta_i - \delta_n$ zulässige Untertemperatur in K λ Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs in W/mK α_i innerer Wärmeübergangskoeffizient in W/m ² K
Rechenbeispiel	
Ergebnis für r. F. 50 %: $s = 0,035/7 \cdot ((20 - (-10))/10,8) - 1$ $s = 0,009 \text{ m oder } \sim 10 \text{ mm}$	δ_i, δ_a 20 °C, -10 °C $\delta_i - \delta_n$ 20 - 9,2; $\delta_i - \delta_n = 10,8 \text{ K bei r. F. 50 \%}$ λ 0,035 W/mK α_i 7 W/m ² K
Ergebnis für 80 %: $s = 0,037 \text{ m oder } \sim 40 \text{ mm}$	

Tabelle 6: Bestimmung einer tauwasserfreien Dämmschichtdicke

Werden diese Bedingungen eingehalten, ist kein rechnerischer Nachweis erforderlich; weicht allerdings eine Bedingung negativ ab, sind rechnerische Nachweise zu führen. In Tabelle 5 sind Beispiele nach dem WTA Merkblatt angeführt. Zum Vergleich ist in Zeile 01 die Bedingung nach DIN 4108-3 vorangestellt.

Vorteil des WTA-Verfahrens ist die Schnelligkeit, mit der das Ergebnis aus den dort angegebenen Kurven abgelesen werden kann. Nachteilig ist die Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten, da er nur für einige Baustoffe vorliegt.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Grenzwert für die Dämmschichtdicke zu bestimmen, bei der kein Tauwasserausfall zu erwarten ist. Die Berechnung berücksichtigt neben der Innen- und Außentemperatur die relative Luftfeuchte im Raum, den Wärmeübergangskoeffizienten und die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs. Für die Berechnung wird nachstehende Formel (Tabelle 6) verwendet:

Bei dieser Berechnung sind zusätzliche Wassereinträge, z. B. Schlagregen, in das Bauteil gesondert zu bewerten. Auch in diesem Fall ist der Außenputz oder die Außenfassade dahingehend zu bewer-

ten, ob der eindringende Schlagregen durch Gefrieren im Innern Schaden anrichten kann.

Zusammenfassung

Innendämmungen sind bei Anlagen im Bereich der Haustechnik und Industrie unproblematisch. Auf der Außenseite ist immer eine Objektwand vorhanden, die den Diffusionsstrom nach außen vollständig absperrt. Im Hochbau liegen andere Bedingungen vor. Hier sind Innendämmungen höchst problematisch, einmal hinsichtlich ihrer Bewertung und zum anderen wegen ihrer späteren Ausführung.

In vielen Fällen wird nicht berücksichtigt, dass das Rechenverfahren nach DIN 4108-3 nur für den bestimmungsgemäßen Gebrauch einzusetzen ist und das Ergebnis ausschließlich Tauwasser- und Verdunstungsmassen liefert. Damit stößt das Rechenverfahren an seine Grenzen.

Weitere Grenzen werden sowohl durch DIN 4108-3 als auch die Energieeinsparverordnung (EnEV) vorgegeben. Das sind einmal die dort genannten nachweisfreien Konstruktionen und Randbedingungen, die nur relativ geringe Dämmschichtdicken mit einem $R \leq 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ zulassen, und die Begrenzung der

Dämmschichtdicke nach unten durch den vorgegebenen Wärmedurchgangskoeffizienten $U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hier liegt ein Widerspruch vor.

Die in DIN 4108-3 genannten nachweisfreien Bauteile und Randbedingungen, gelten nicht mehr für die erhöhten Anforderungen nach EnEV. Das bedeutet, dass in Zukunft die Tauwasserfreiheit oder die zulässigen Wassermassen im Bauteil berechnet werden müssen. Empfehlungen für die Auslegung von Innendämmungen gibt das WTA-Merkblatt; aber auch hier werden Grenzen hinsichtlich der Dämmschichtdicken und der diffusionshemmenden Schichten aufgezeigt.

Innendämmungen stellen Planer und Ausführende wegen ihrer komplexen Problematik vor schwierige Aufgaben. Hilfreich wäre für diese „neue“ Situation eine einheitliche Regelung durch eine separate Norm. □



Der Autor

Dipl.-Ing. Udo Sonnenschein
Unternehmer,
Sachverständiger

Kontakt: udo.sonnenschein@t-online.de