INNENDÄMMUNG: WOMIT UND WIEVIEL?

Heinz Bangerter, dipl. Ing. SIA/USIC, CH 8302 Kloten / Schweiz

1. EINLEITENDE ERWÄGUNGEN

Sucht man heute im Internet nach Ausführungen zum Thema <Innendämmung>, so finden sich zum Beispiel bei Google ca. 64'500 Eintragungen, und nach Präzisierung auf <Innendämmung Gebäudehülle> immer noch etwa 5'500 Treffer. Ist also zum Thema nicht längst schon alles gesagt?

Nebst den zahllosen Überschneidungen, gegensätzlichen Meinungsäußerungen und inhaltlichen Widersprüchen fehlt bei einer solchen Auflistung naturgemäß die erhoffte Kohärenz, resp. „inhaltliche Abrundung“. Diese Tatsache mag es rechtfertigen, dass an dieser Stelle der Versuch unternommen wird, das Thema aus baupraktischer Sicht auf wenige Seiten zu reduzieren. Die spezifischen Eigenschaften (resp. Auswirkungen) von Innendämmungen auf die „Wohnhygiene“, die „Behaglichkeit“, die „Bausubstanz“ und den „Energieverbrauch“ sollen angesprochen werden.

Der Beitrag ist bewusst „baupraktisch“ und nicht „hochwissenschaftlich“ gehalten, soll aber trotzdem auf gefestigte technisch – physikalische Einsichten abstellen. Ein paar provokative Meinungsäußerungen und „Seitenhiebe“ auf gewisse Randerscheinungen bei der Planung von Hochbauten („Diffusionshysterie“, „Wärmedämmwahnsinn“, „Normierungseifer“) sind dabei durchaus beabsichtigt.

2. QUALITATIVE ABHÄNGIGKEITEN

Es sind im Wesentlichen drei Themenkreise, die den Praktiker interessieren:

Wie wirkt die Innendämmung auf den Gesamtquerschnitt?
Gedacht wird dabei meistens an „Diffusion“ und (allenfalls) an „Temperaturspannungen“, welche beide der Bausubstanz schaden könn(t)en.

Wie verändert die Innendämmung das Raumklima?
Diese Frage wird in der Regel mit dem Themenkomplex „Speicherverhalten“ verknüpft.

Welchen energetischen Nutzen soll die Innendämmung erbringen?
Hier ist eine sich öffnende Schere zwischen den normativ stets schärfer werdenden U – Wert – Vorschriften einerseits, und einem bauphysikalisch, betriebswirtschaftlich oder ökologisch noch sinnvollen Dämmmaß andererseits unübersehbar.

Für die genannten Kriterien, nämlich: „Behaglichkeit“, „Wohnhygiene“, „Bausubstanz“ und „Energieverbrauch“, deren Beurteilung natürlich möglichst positiv ausfallen sollte, existieren verschiedene Kenngrößen mit (teils behördlichen) Grenzwerten wie folgt:

Für die Beurteilung der Behaglichkeit:

Im Sommer: Wärmeträgheit der Hülle gegen Raumtemperatur – Schwankungen sowie nomineller Speicherquerschnitt gegen „Übertemperaturen“ aus Einstrahlung

Im Winter: Anrechenbares Speicherverhalten für „nutzbare Abwärme“ sowie innere Oberflächentemperatur der Hülle gegen „Kältestrahlung“

Für die Beurteilung der Wohnhygiene:

Innere Oberflächentemperatur der Hülle gegen Schimmelpilzbildung

Für die Beurteilung der Bausubstanz:

Diffusionsverhalten des Bauquerschnitts gegen innere Durchfeuchtung aus winterlicher Wasserdampfwanderung resp. „sommerlicher Inversionslage“

(Vergleichende) Temperaturschwankungen resp. Spannungen in der Tragkonstruktion aus äußerer Temperatureinwirkung

Für die Beurteilung des Energieverbrauchs:

U – Wert – Vorschriften vs. minimierter Gesamtenergie – Bedarf (der Gebäudehülle)
Einzig diese Kenngröße und die davon abhängige Oberflächentemperatur
sind nicht von der Schichtenfolge des Bauquerschnitts beeinflusst!

3. TYPISCHE BEISPIELE

Um die Frage dieses Beitrags: <INNENDÄMMUNGEN: WOMIT UND WIEVIEL> unter Berücksichtigung der drei den Praktiker interessierenden Themenkreise (siehe oben) zu beantworten, sollen nachstehend drei typische Beispiele behandelt werden. Das fallweise dominierende Beurteilungskriterium wird dabei kritisch beleuchtet.

Nicht näher eingegangen wird auf die generelle Verpflichtung, bei der Neuplanung oder bei der Um – oder Nachrüstung dafür zu sorgen, dass die innere Oberflächentemperatur der Außenhülle stets jenen Wert einhält, welcher unter den herrschenden Klimabedingungen (innen und außen) erforderlich ist, um hier die relative (langzeitige) Luftfeuchte nicht über 80% ansteigen zu lassen. Die Einhaltung dieser Bedingung ist nicht „Innendämmung – spezifisch“, sondern sie ist allgemeingültig und nach normativen Regeln nachzuweisen. Sie ist bei Innendämmungen aber speziell auch mit Blick auf das „Wärmebrückenproblem“ bei seitlich eingebundenen Wänden und entlang der Deckenauflager auf Außenwand zu beachten. Hier können durch Innendämmung Auskühlungen der angrenzenden freien Oberflächen, und daraus Grenzwertüberschreitungen entstehen, welche sich bei der raumseitig (noch) ungedämmten (Sanierungs -) Wand nicht einstellen würden.

3.1 Beispiel A: Neubau Sichtbetonfassade mit Innendämmung

Dieses Beispiel bezieht sich auf den interessierenden Themenkreis: „Wie wirkt die Innendämmung auf den Gesamtquerschnitt?“. Zur Sprache kommt das Diffusionsverhalten bei gegebener Innendämmung sowie die äußere Temperatureinwirkung auf die Tragwand als Folge der fehlenden thermischen Abdeckung / Außendämmung.

Wählen wir einen gängigen Fassadenquerschnitt mit (Kennwerte WUFI® – Datenbank):
- 180 mm Sichtbeton außen (λ ~ 1.60 W/mK; $\rho \cdot c$ ~ 1955 kJ/m^{3}K; μ ~ 180)
- var. 150 mm, 200 mm, 250 mm Innendämmung (λ ~ 0.040 W/mK; $\rho \cdot c$ ~ 51 kJ/m^{3}K; μ ~ 1.3)
- 15 mm Innenputz (λ ~ 0.20 W/mK; $\rho \cdot c$ ~ 722 kJ/m^{3}K; μ ~ 8.3)

Ferner (WUFI® Light, Standard): R_{si} = 0.125 m^{2}K/W, R_{se} = 0.0588 m^{2}K/W, $\theta_{e\ mittel}$ = 6.4°C

Zur diffusionstechnischen Beurteilung stehen mehrere Methoden zur Verfügung:

- Die „Glasermethode“ unter Verwendung eines sog. „Klima – Zeitraffers“ (Legende Tabelle 1)

- Die „Glasermethode“ unter Verwendung von individuellen Klimaverläufen innen und außen im Jahresgang [1]

- Die „Methode WUFI®“ mit Angabe von Kondensataufnahme und - Verteilung durch Sorption [2]

Gemäß **Tabelle 1** resultieren sowohl hinsichtlich jährlichem Maximalkondensat (K_J) als auch bezüglich dessen Austrocknungsmöglichkeit (A_J) ➔ Bedingung 1: ($A_J \geq K_J$) recht unterschiedliche Ergebnisse. Problematischer noch als der „Bilanzwert“ je nach Rechenmodell ist dabei das Ergebnis (K_J) für sich allein betrachtet, weil in gewissen Regelungen nicht nur das Berechnungsmodell an sich (mit Klima – Zeitraffer), sondern auch die daraus resultierenden Grenzwerte (je nach Materialien) definiert sind. Da solche Grenzwerte aber auf unrealistischen Klimavorgaben basieren, führt dies unter Fachleuten immer wieder zu heftigen Diskussionen, welche oftmals in eine wahre „Diffusionshysterie“ auszuarten drohen. Tatsächlich ist es so, dass das bewährte „Verfahren Glaser“ nach wie vor brauchbare Ergebnisse liefert, sofern die Berechnung auf realistischen Klimadaten (im Jahresgang) aufbaut. Jedenfalls muss auch beim „Verfahren WUFI®“ – ebenfalls basierend auf akkumulierten Klimawerten im Jahresgang – zunächst „im Hintergrund“ ablaufend der resultierende Feuchteausfall ermittelt werden, bevor dieser je nach Sorptionsvermögen in den angrenzenden Materialien verteilt und als „WUFI® – Ergebnis dargestellt werden kann.

Dämmstärke d_{WD} [mm]	* Glaser „im Zeitraffer“		Glaser nach Σ-Häufigkeit [1]		WUFI®Light IBP 4.0 [2] Gesamtwassergehalt		U – Wert [W/m²K]
	$K_{J\ max}$ [g/m²]	$A_{J\ möglich}$ [g/m²]	$K_{J\ max.}$ [g/m²]	$A_{J\ möglich}$ [g/m²]	$K_{J\ max.}$ [g/m²]	$A_{J\ möglich}$ [g/m²]	
150	2871 **⊗K ~ 837	2034	5450 **⊗K~ 4995	455	~ 5500 **⊗K~ 4000	~ 1500	0.243
200	2393 **⊗K ~ 695	1698	4655 **⊗K~ 4280	375	~ 4750 **⊗K~ 3550	~ 1200	0.186
250	2078 **⊗K ~ 619	1459	4050 **⊗K~ 3730	320	~ 4250 **⊗ ~ 3250	~ 1000	0.151

* Winter: innen 20°C/50%RF, außen -10°C/80%RF während 60 Tagen
* Sommer: innen = außen je 12°C/70%RF während 90 Tagen
**⊗K = kumulativer jährlicher Zuwachs !

Tabelle 1: Kondensationsvergleich für verschiedene Berechnungsmethoden

B

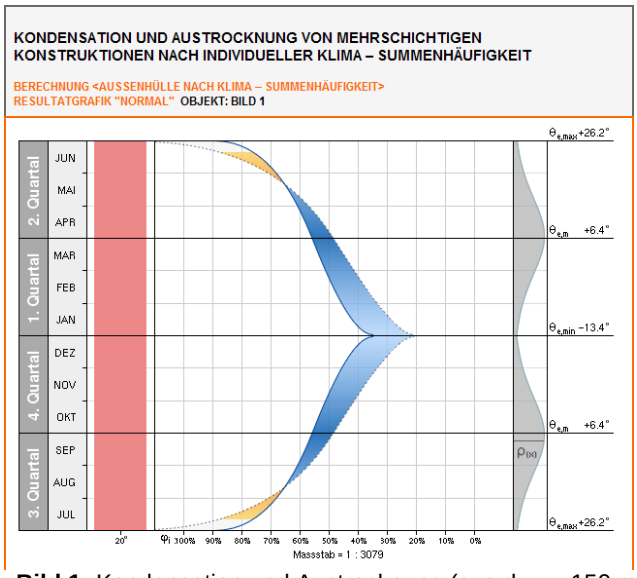


Bild 1: Kondensation und Austrocknung (aus d_{WD} = 150 mm) nach Modell: <Glaser – Summenhäufigkeit> (Bildausschnitt) [1]

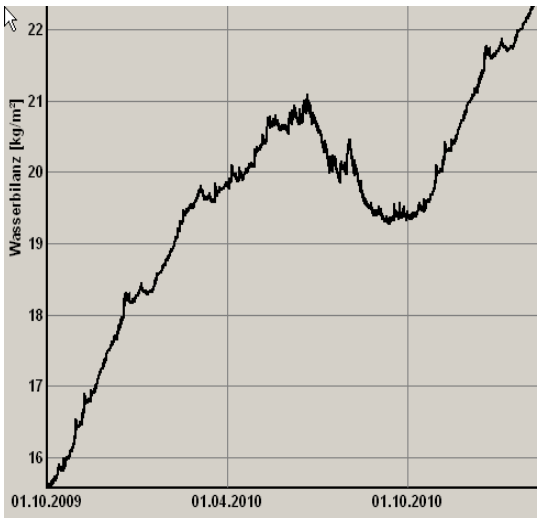


Bild 2: Gesamtwassergehalt (aus d_{WD} = 150mm) nach <WUFI – Light> (Standard) [2]

Beim fraglichen Beispiel A stellen wir fest, dass die gewählte „diffusionsoffene“ Innendämmung ohne ergänzende Dampfsperre bei jeder Berechnungsmethode zu große Kondensatmengen zwischen Dämmung und Betonwand generiert. Im Gegensatz zum steigenden Risiko von Oberflächenfeuchte bei zunehmender Dämmstärke im Bereich von

konstruktiven Wärmebrücken (was hier rechnerisch nicht dargestellt ist), nimmt die berechnete Querschnittsfeuchte / Kondensation mit zunehmender Innendämmstärke dank höherem Diffusionswiderstand tendenziell etwas ab.

Der Unterschied zwischen „Glaser – Summenhäufigkeit“ und „WUFI®“ bei der Austrocknung ist darauf zurückzuführen, dass diese beim Modell „Glaser – Σ - Häufigkeit“ [1] nur solange berücksichtigt ist, als ($\theta i \geq \theta e$) vorliegt. Bezüglich der jährlichen Maximalfeuchte K_J ergeben die zwei Verfahren – ganz im Gegensatz zum „normativen Zeitraster“ - sehr ähnliche Resultate.

Der ganzen (Interpretations -) Problematik, was denn real an Feuchte auftritt und was materialtechnisch noch verantwortet werden kann (losgelöst von normativen Grenzwerten, die auf unrealistischen Ergebnissen basieren), kann man sich mit einer so genannt <dampfdichten Innendämmung> wie Schaumglas (oder allenfalls Extruderschaum) elegant entziehen. Es findet dann ganzjährig überhaupt keine Kondensation statt.

Was bei dampfdichten Innendämmungen hingegen zu beachten ist, sind die „sommerlichen Inversionslagen“, indem hier die Wasserdampfwanderung „von außen nach innen“ zwischen Traghülle (z. B. diffusionsoffener, gut dämmender Gasbeton!) und Schaumglas gestoppt wird. Es ist dann entscheidend, dass im Temperaturgefälle mit ($\theta_e > \theta_i$) der Wärmedämmbeitrag der Außenhülle (Gasbeton) anteilmäßig nicht zu groß, bzw. die Stärke der dampfsperrenden Innendämmung nicht zu klein ist und so zu sommerlicher Kondensatausscheidung führt. Beim vorliegenden Beispiel mit nur sehr geringem Wärmedurchlasswiderstand des Sichtbetons besteht aber diesbezüglich keine Gefahr.

Neben der „Diffusionsproblematik“, welche u. U. ungünstig auf die Bausubstanz einwirkt und primär bei Innendämmungen auftritt, ist der Entscheid für eine Innendämmung auch aus Sicht der „Baumechanik“ negativ besetzt. Im fraglichen Beispiel A wirkt die tägliche Schwankung der Außenlufttemperatur ungedämpft auf die äußere Oberfläche. Durch die Dämpfung dieser Außenamplitude innerhalb des Betonquerschnitts reduziert sie sich bis zur angrenzenden Innendämmung um ein erhebliches Maß. Es bildet sich daraus im Tagesgang eine um Maximal $|\Delta\theta|$ pendelnde Temperaturdifferenz, welche im Betonquerschnitt unerwünschte Zwängsspannungen erzeugt. Ist der Querschnitt dagegen mit einer entsprechenden Außendämmung abgedeckt, werden bis zur Außenseite des Betons erstens die absoluten Temperaturextreme auf dessen Oberfläche, zweitens aber auch die pendelnde maximale Temperaturdifferenz $|\Delta\theta|$ in seinem Querschnitt selber deutlich reduziert.

Ein Vergleich zwischen Innendämmung und Außendämmung mit den für Beispiel A gewählten Materialschichten – basierend auf der dem Bauphysiker vertrauten „periodischen Eindringtiefe“, hier mit einer Außentemperaturamplitude von $v_{e0} = \pm 10K$ um den Mittelwert $\theta_{e\ mittel} = 20°C$ – ergibt nach **Tabelle 2** die folgenden Ergebnisse:

Dämmschicht	Extreme $\theta_{max.}$ / $\theta_{min.}$ Außenseite Beton			Innenseite Beton			Querschnittsdifferenz ≤ $\|\Delta\theta\|$		
	d =150 [mm]	d =200 [mm]	d =250 [mm]	d =150 [mm]	d =200 [mm]	d =250 [mm]	d =150 [mm]	d =200 [mm]	d =250 [mm]
Außendämmung	23.5°C / 16.5°C	22.5°C / 17.5°C	21.8°C / 18.2°C	20.6°C / 19.4°C	20.4°C / 19.6°C	20.3°C / 19.7°C	2.9 K	2.1 K	1.5 K
Innendämmung	+ 30°C / + 10°C			+ 21.8°C / + 18.2°C			8.2 K		

Tabelle 2: Dämpfung von Temperaturextremen und - Querschnittsdifferenzen im Beton je nach Schichtfolge

Aus statisch – baumechanischer Sicht wäre beim gezeigten Beispiel A statt der Innendämmung klar die thermisch schützende Außendämmung vorzuziehen, zumal die realen Temperaturschwankungen der Außenluft resp. Oberfläche deutlich höher als ± 10K ausfallen können.

3.2 Beispiel B: Energetisch motivierte Sanierung einer denkmalgeschützten Fassade

Mit diesem Beispiel B werden offene Fragen laut zweitem Themenkreis besprochen: „Wie verändert die Innendämmung das Raumklima?“. Von Interesse ist hier vorab die raumklimatische Wirkung einer Innendämmung im Vergleich zur ungedämmten (Massiv -) Wand.

Die Thematik ist bekannt: Aus gestalterischen Gründen kommt für eine geplante, energetisch oder umnutzungs – bedingte Sanierung der Fassade nur eine nachträgliche Innendämmung (bzw. auf keinen Fall eine Außendämmung) in Betracht. Neben den in Beispiel A erörterten Fragen hinsichtlich Bausubstanz und Wohnhygiene interessiert stets auch die mögliche Veränderung des Raumklimas (und des Energiehaushalts) durch diesen Eingriff. Es fragt sich konkret, wie sich dadurch das „Speicherverhalten“ der Wand verändert.

Geeignet für Relativvergleiche ist die in Bauphysiker – Kreisen vertraute „Auskühlkennzeit“ [3], welche die Wirkung der Wärmeträgheit des Gesamtquerschnitts sowohl für winterliche wie sommerliche Klimabedingungen ausdrückt. Das damit erfasste Trägheitsverhalten unterscheidet sich aber vom anrechenbaren Speichervermögen (gegen raumseitige Überschusswärme aus Sonneneinstrahlung, Personenbelegung und inneren Wärmequellen aus Geräten etc.), mittels welchem in der Energiebilanz die nutzbaren Wärmegewinne berücksichtigt werden. Die Berechnung erfolgt auch hier nach dem Modell der „periodischen Eindringtiefe“ für eine (raumseitige) 24 h – Amplitude. In Anbetracht des geringen Speichereffekts bei Innendämmungen erscheint aber der dazu vorgegebene, komplexe Rechenaufwand zur Differenzierung der nutzbaren Wärmegewinne als (zu) aufwändig.

Um das raumseitige Speichervermögen als vergleichenden Indikator gegen sommerliche oder winterliche Überschusswärme hinreichend zu berücksichtigen, kann man sich – auf der sicheren Seite liegend – ebenso gut auch direkt der (statischen) „Wärmespeicherungszahl“[3] bedienen, welche bei der Ermittlung der informativen „Auskühlkennzeit“ ohnehin anfällt.
Die praktische Gegenüberstellung von Beispiel B mit Verwendung der eingangs definierten Materialschichten (hier ohne Putz) liefert nach **Tabelle 3** folgende Ergebnisse:

Anrechenbare Speicherung [kJ/m²K]		Wärmespeicherungszahl (WSP) [kJ/m²K] **2)**	Auskühlkennzeit (z) [h]
+ Innendämmung [mm]	Sichtbeton d = 180 mm **1)**		
+ 0	173 (173)	137 (137)	11.2 (11.2)
+ 20	139 (173)	14.2 (272)	11.3 (60.1)
+150	**30.8** (173)	**13.8** (340)	**15.5** (382)
+200	**23.2** (173)	**12.7** (345)	**18.7** (507)
+250	**18.6** (173)	**12.6** (348)	**22.8** (633)

1) Anrechenbares Speichervermögen, abgemindert um den normativen Einfluss R_{si}
2) Wärmespeicherungszahl (WSP) unter Berücksichtigung von R_{si}
(Klammerwerte mit alternativer Außendämmung)

Tabelle 3: Raumklimatisch relevante Kennwerte für Schichtenaufbau wie Beispiel A (hier aber ohne Putz)

Der raumklimatische „Nachteil“ der Innendämmung gegenüber der Außendämmung kommt sowohl über die Wärmespeicherungszahl oder den anrechenbaren Speicherwert, als auch durch eine sehr geringe Auskühlkennzeit (z) zum Ausdruck (Vergleich: Klammerwerte für Außendämmung!). Dabei nimmt das raumseitige Speichervermögen mit steigender

Innendämmung tendenziell ab, und die Wärmeträgheit des Gesamtquerschnitts nur unbedeutend zu.

Ein besonderes Thema in Bezug auf die Raumklima – Verhältnisse bildet die Frage des „Feuchte - Ausgleichs“ durch so genannt sorptionsfähige Dämmstoffe. Von diesen erhofft man sich, dass sie bei zu hoher Luftfeuchte den Überschuss an sich binden und so zwischenspeichern (Frage: Woher weiß der Dämmstoff, was an Luftfeuchte im Raum erwünscht ist?). Desgleichen erhofft man sich im geeigneten Moment eine „Umkehrung“, indem die früher aus der Luft oder durch Schlagregen etc. von außen zugeführte Feuchte „dosiert“ an die Raumluft abgegeben wird (Frage: Zur „Entwässerung“ des Querschnitts, oder zur erhofften Luftbefeuchtung?)

Nicht zu übersehen bei der (zeitgerechten?) Wirkungsweise ist jedenfalls die Tatsache, dass hierfür größtmögliche Offenporigkeit von Oberfläche und Querschnitt erforderlich ist. Dies wiederum impliziert so genannt diffusionsoffenes Material, welches im Prinzip zu hohe Kondensatmengen generiert und dementsprechend raumseitig mit einer separaten Dampfsperre versehen werden müsste (womit aber die Sorptionsfähigkeit abgedeckt wird!). Um diesem Dilemma zu entgehen, müsste man ergänzend eine „atmungsfähige“ Dampfsperre verwenden, wie sie am Markt mit viel Werbung angepriesen wird. Eine solche verspricht größtmögliche Wasserdampfdurchlässigkeit im feuchten Milieu (zur Austrocknung von Wasser), und größtmögliche Sperrwirkung im Trockenzustand (gegen Wasserdampf - Wanderung). Da aber das Sorptionsverhalten des Dämmstoffs dabei vermutlich auch den Feuchte – und „Diffusionsgrad“ dieser Dampfsperre selber beeinflussen dürfte, ist hieraus fast zwangsläufig mit einem „diffusionstechnischen Kurzschluss“ zu rechnen.

Da bei einer zwingend erforderlichen Innendämmung die Raumklima – Verhältnisse tendenziell immer relativ schlecht ausfallen (Ausnahme: U. U. bei nur temporärer Raumbeheizung), empfiehlt es sich erst recht, dafür mit einem möglichst diffusionsdichten Dämmstoff wenigstens die in Beispiel A angesprochene Bausubstanz „im Griff“ zu halten.

3.3 Beispiel C: Umnutzung / Kellerausbau zu Wohnraum

Abschließend wird mit Hilfe eines dritten Beispiels auf den Themenkreis: „Welchen energetischen Nutzen soll die Innendämmung erbringen?“ eingegangen. Aufgezeigt wird eine gewisse Diskrepanz zwischen behördlich – normativen Sanierungsansprüchen und deren (oft) ineffizienter Wirkung. Ebenso wird hier eine Unterscheidung hinsichtlich Dämmstärke je nach bestehender Bausubstanz und Erdeinbindung vorgenommen.

Beginnen wir mit der zweiten Vergleichsbetrachtung. Angenommen, ein auf Wohnnutzung umzurüstender Kellerraum sei ca. 3 Meter ins Erdreich eingebunden. Bevor wir uns der energetisch motivierten Bemessung der Dämmstärke der Kellerwand (gegen Erdreich), einer klassischen Innendämmung also, zuwenden, ist eine vorgängige Abklärung zweckmäßig:

Ist die jetzige Kellerwand trocken? und wenn ja, dann deshalb, weil sie sich in trockenem Erdreich befindet oder eine funktionierende Drainage aufweist? Oder aber, weil gegen den (belüfteten?) Kellerraum ein permanenter Feuchteaustausch im Sinne von „ selbst - regulierender Sorption“ erfolgt?

Sollte dagegen die bestehende Kellerwand permanent feucht sein, so muss diese zunächst mittels geeigneter Drainage – oder Dichtungsmaßnahmen (auch gegen aufsteigende Feuchte!) in einen permanent trockenen Zustand überführt werden. Ist dieser Zustand erreicht, kann hier eine möglichst diffusionssperrende Innendämmung (auch) energetisch bemessen werden. Weitere Erwägungen dazu siehe unten.
Ist hingegen zu vermuten, dass die jetzt trockene Kellerwand auf einen funktionierenden Feuchteaustausch mit dem Kellerraum zurückzuführen ist, so muss man sicherstellen, dass dies auch mit einer Innendämmung noch möglich sein wird. In diesem Fall ist tatsächlich eine möglichst diffusionsoffene Ausführung zu empfehlen, gleichzeitig aber sicherzustellen,

dass nicht durch übermäßige Dämmstärke die jetzige Kellerwand bis zur Kondensat - Ausscheidung (je nach Raumnutzung / Raumklima) abgekühlt wird. Somit: Diffusionsoffene Ausführung in möglichst geringer Dicke, welche lediglich aus der Forderung nach Schimmelpilz – und Schwitzwasser – Freiheit bemessen sein sollte.

Die Frage nach der (auch) energetisch zweckmäßigen resp. normativ erforderlichen Dämmdicke kann in jenen Fällen diskutiert werden, wo entweder mit Sicherheit keine erdseitige Feuchte vorliegt oder diese mit dichtungstechnischen oder sonstigen Baumaßnahmen bleibend abgewendet worden ist. Die energetischen Vorschriften sind allerdings (namentlich bei Renovationen und Umnutzungen) zu hinterfragen:

Tonangebende Institutionen im baulichen Energiebereich fordern in der Schweiz beispielsweise, dass künftig gegen erdberührte Wände mit mehr als 2 m Erdeinbindung ein Einzel – U – Wert von 0.15 W/m^{2}K als Zielgröße für Neubauten, und ein Wert von maximal 0.20 W/m^{2}K bei Umnutzungen und Umbauten einzuhalten sei. Ähnliches gilt nach den Mustervorschriften der Kantone. Zielvorgaben im Bereich von 0.10 – 0.15 W/m^{2}K je nach Land und „Gebäudelabel“ dürften als öffentliche Richtschnur nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Man muss sich einmal fragen, wohin dieser überbordende Normierungseifer im baulichen Energiebereich noch führen soll. Betrachtet man nicht nur die mit zunehmender Dämmdicke (bloß degressiv) zunehmende Einsparung an nieder - wertiger Heizwärme (Anergie), sondern auch den hierbei linear zunehmenden Bedarf an hochwertiger Arbeits – resp. Prozessenergie (Exergie) zur Herstellung der Dämmstoffe, so findet sich ein energetisch – ökologisches Optimum bezüglich U – Wert und Dämmstärke, welches von derart extremen Zielwerten oft heute schon deutlich „überschossen“ wird.

Dazu das praktische **Beispiel C1:**
Eine (noch) ungedämmte Beton – Kellerwand d = 250 mm (mit den Kennwerten gemäß Beispiel A) sei 3.0 m ins Erdreich eingebunden. Nach konventioneller Berechnungsweise ist zur Einhaltung eines geforderten U – Wertes von 0.20 W/m^{2}K ergänzend eine Dämmstärke (Lambda 0.040 W/mK) von rund 190 mm Innendämmung erforderlich, denn die bei Einzel – U – Werten übliche Abstufung in Funktion der Einbindungstiefe signalisiert, dass in der Vorgabe die Mitwirkung des Erdreichs schon berücksichtigt ist.
Bestimmt man hingegen zuerst den vorhandenen U_0 - Wert (Rohbau + individuelle Mitwirkung des Erdreichs, noch ohne Dämmschicht), so resultiert im Beispiel ein Wert U_0 ~ 0.84 W/m^{2}K. Zur Einhaltung des Zielwertes entsprechend 0.20 W/m^{2}K ist damit bloß noch eine Dämmdicke von ca. 150 mm erforderlich. Was gilt jetzt?

So oder so: Bemisst man die Dämmstärke der fraglichen Wand für deren energetisch – ökologisches Optimum nach [4], statt für für einen normativen „Fixwert“ von bspw. 0.20 W/m^{2}K, ergeben sich u.U. deutlich abweichende Ergebnisse.

Dazu das praktische **Beispiel C2** mit folgenden Einflussgrößen:

Planungshorizont n = 75 Jahre; U_0 ~ 0.84 W/m^{2}K
Nutzungsdauer Wand, resp. Ersatzvornahme nach je m = 25 Jahren
Grauenergieinhalt (Prozessenergie) Dämmstoff 3000 MJ/m^3 (Entsorgungsaufwand eingeschlossen), λ ~ 0.040 W/mK
„Verzinsung“ Exergie Dämmstoffe 2.5%, Anergie Heizwärme 0.0%

variierend: Heizgradtage 3000 K·d, 4000 K·d, 5000 K·d

Gemäß **Tabelle 4** ergibt sich:

Heizgradtage [K·d]	$U_{opt.}$ [W/m²K]	$d_{opt.}$ [mm]	Δd* [mm]	rA2 von Δd** [Jahre]
3000	0.252	111	39	16.5
4000	0.221	133	17	19.0
5000	0.200	152	- 2	∞

*) „Überschuss“ bezogen auf d_{opt}, falls $U_{soll = 0.20\ W/m2K}$ aus „$R_{Erdreich}$ + $d_{WD = 150\ mm}$“ bemessen ist
**) Gilt nur, wenn die „Verzinsung“ von hochwertiger Prozessenergie ebenfalls mit 0% angesetzt wird; ansonst kann der Aufwand aus Δd energetisch nie zurück „gezahlt“ werden

Tabelle 4: Öko –optimale Dämmstärke zu Beispiel C2, je nach Heizgradtagen. Relative Amortisationszeit [rA2] der Überschuss – Stärke Δd, bezogen auf d_{opt}. [5], [6]

Abgesehen davon, dass gerade bei Renovationen und Umnutzungen innen liegende (Zusatz -) Dämmungen oftmals durch bauphysikalische oder sonstige Gegebenheiten begrenzt werden müssen, zeigt Beispiel C2, dass auch der energetisch motivierten Dämmstärke gewisse „Vernunftsgrenzen“ gesetzt sind. Jedenfalls ist aus energetisch – ökologischer Gesamtschau der optimale Dämmwert (U – Wert, resp. Dämmstärke) von verschiedensten situativen Gegebenheiten bestimmt. Eine Übereinstimmung mit momentan(?) gültigen Zielwerten des Gesetzgebers ist dabei rein zufällig und u. a. von den herrschenden Klimabedingungen (Heizgradtage) bestimmt. Im Zusammenhang mit Innendämmungen sollten jedenfalls „normative Pauschalvorschriften“ immer zuerst auf ihre individuelle Umsetzbarkeit hinterfragt werden.

4. GENERELLES FAZIT

Tendenziell erhöhen namentlich bei Renovationen zunehmende Dämmstärken von Innendämmungen die Schadensrisiken für den Gesamtquerschnitt der Außenwand. Innendämmungen sollten deshalb hier nach dem Motto: „Soviel als nötig, so wenig wie möglich“ geplant werden. Normalerweise sind dazu diffusionsdichte Dämmstoffe (vorab Schaumglas) zu bevorzugen. Andernfalls sind aufwändige, raumseitige Dampfsperren als Ergänzung zu einer „diffusionsoffenen“ Dämmung in der Regel unvermeidlich. „Atmungsaktive“ Dampfsperren sind dabei – speziell bei Kellerausbauten und – Umnutzungen – mit Vorsicht zu genießen.

Das „Soviel wie nötig“ ist primär durch den Anspruch auf Schimmelpilz – Freiheit resp. Wohnhygiene bestimmt. Wird dieser Anspruch nach individueller Berechnung auch mit einem höheren als dem normierten Grenzwert eingehalten, so sollte dieser im Interesse der Bausubstanz bevorzugt werden dürfen.

Bei der diffusionstechnischen Nachweisführung ist die konventionelle Methode nach Glaser (als Alternative zu den „Sorptionsberechnungen nach WUFI®“ beispielsweise) für den Praktiker weiterhin tauglich – sofern unter „Verfahren Glaser“ eine Berechnung mit Verwendung von realen (Innen – und) Außen – Klimahäufigkeiten je nach Nutzung und Standort, und nicht der unbrauchbare Klima – Zeitraffer (Legende Tabelle 1) verstanden wird.

Bezüglich äußerer Temperatureinwirkung ist zu sagen, dass mit den (unerwünschten) Temperaturschwankungen und – Extremen, welche bei Innendämmungen quasi ungedämpft auf das Tragelement der Wand (Sichtbeton, Stahlständerbau o. ä.) einwirken, ein deutlicher Nachteil gegenüber der (alternativen?) Außendämmung oder der Kerndämmung vorliegt.

Entsprechend der allgemeinen Erwartung beeinflusst die Innendämmung auch das Raumklimaverhalten gegenüber der nicht – abgedeckten Innenfläche merklich. Trotzdem muss dieser Einfluss den Planer natürlich nicht à priori „zum Voraus schon“ von einer Innendämmung abhalten.

Weiter ist der (als besonders günstig propagierte) Einfluss von so genannt sorptions - fähigen und klima - stabilisierenden Dämmstoffen zu relativieren. Die Aufnahme und Zwischenspeicherung von übermäßiger (?) sommerlicher Raumluftfeuchte, oder die Spende von Speicherfeuchte an zu trockene (?) winterliche Raumluft müsste jedenfalls erst noch modellhaft sowie „im realen System“ und mit einem daraus abgeleiteten praktischen Rechenansatz ausgewiesen werden. Es bleibt vorerst fraglich, ob sich der erhoffte Ausgleich stets zum rechten Zeitpunkt in die „richtige Richtung“ hin einstellt.

Insbesondere bei Renovationen mit ausgesprochen energetischer Zielsetzung ist ein Interessenkonflikt in doppelter Hinsicht erkennbar. Entweder ist die Dämmstärke in vielen Fällen mit bauphysikalischer Begründung zu begrenzen (gegen Querschnittsfeuchte bei gewollt diffusionsoffener Lösung / feuchter Kellerwand), oder die normative Anforderung an den „Einzel – U – Wert“ steht in keinem vernünftigen Verhältnis mehr zur erwartenden Effizienz. Letzteres kann nach der ökologischen Zielvorgabe: „Prozessenergie Dämmstoffe plus akkumulierter Heizwärmebedarf über den Planungshorizont = minimal“ im Einzelfall überprüft werden. Entsprechende Berechnungsinstrumente [4], [5] stehen außerhalb des Normenwerks zur freien Verfügung.

[1]Weder + Bangerter AG: Kondensation und Austrocknung nach Klima – Summenhäufigkeit.
URL: http://apps.cellularglassengineering.com/de/programs/p17/ [Stand: 26.08.2009]

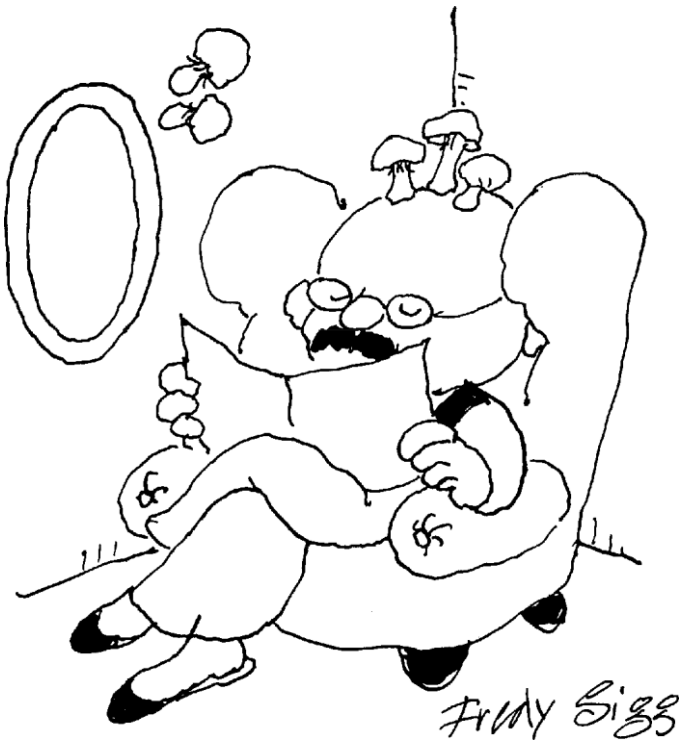
[2] IBP- Software: WUFI®. URL: http://www.wufi.de/ [Stand: 26.08.2009]

[3] Weder + Bangerter AG: Auskühlkennwert und Wärmespeicherungszahl (etc.).
URL: http://apps.cellularglassengineering.com/de/programs/p20/ [Stand: 26.08.2009]

[4] IG Oeko - Priority®: Für vernünftige Dämmdicken am Gebäude.
URL: http://www.oekopriority.ch/ [Stand: 26.08.2009]

[5] IG Oeko - Priority®: Für vernünftige Dämmdicken am Gebäude.
URL: http://www.oekopriority.com/front_content.php?idcat=5/Amortisation von Wärmedämmschichten der Gebäudehülle.zip [Stand: 26.08.2009]

[6] Weder + Bangerter AG: Erwägungen zur Amortisationszeit.
URL: http://www.baudaten.com/frame_wundertuete.html Erwägungen zur ..... pdf [Stand: 26.08.2009]



Der Arzt kann seine Missgriffe beerdigen,
der Architekt kann nur raten, Pilze zu züchten ...
(frei nach Gropius)

Deutsche FOAMGLAS® GmbH
info@foamglas.de www.foamglas.de

Pittsburgh Corning Ges.m.b.H.
info@foamglas.at www.foamglas.at