

Kapitel 33

Termosfassade

Zum Verständnis einer neuen energieeinsparenden Technologie.

Erörterung der Äquivalenz des U-Wertes der Thermosfassade.

Hauseigentümer verwirklichen zunehmend energieeinsparende Massnahmen an den Gebäudeaussenwänden, wobei eine marktführende Stellung die sog. „Wärmedämmverbundsysteme“ (WDVS) haben.

WDVS bestehen aus Dämmstoffschichten (Schaumkunststoffe oder Mineralwolleplatten) die an der Fassade teils mechanisch mit sog. „Tellerankern“, teils in Klebtechnik befestigt werden. Diese Dämmchichten werden meistens mit armierten sehr dünnen Mörtelüberzügen versehen, die entweder in sich bereits eingefärbt sind oder nachträglich gestrichen werden.

Ihren Zweck würden diese Verkleidungen bereits mit 80 mm Stärke erfüllen, da hierdurch die geforderten U-Werte bereits erreicht werden. Der Werbeindustrie und der Unkenntnis über bauphysikalische Zusammenhänge sogar bei Baufachleuten ist jedoch zu verdanken, dass derartige WDVS selten dünner als 150 mm sind. Die Tendenz geht nach dem Motto „Viel hilft viel“ zu Dämmstärken von 200 mm und mehr.

Diese Mehr über 80 mm hinaus führt jedoch zu keinem nennenswerten zusätzlichen wirtschaftlichen Nutzen. Der Zuwachs des wirtschaftlichen Nutzens strebt bei erhöhter Dämmstärke wie ein Hyperbelast asymptotisch gegen Null. Die Fachwelt spricht hierbei von der sog. „Hyperbeltragik“. Dem Kunden wird somit ohne erkennbare Gegenleistung Geld aus der Tasche gezogen.

Die Ursache für diese Fehlentwicklung ist vorwiegend in der EnEV zu suchen, die ohne Berücksichtigung der tatsächlichen bauphysikalischen Ereignisse einseitig nur auf einen möglichst kleinen U-Wert setzt. Das geht so weit, dass eine tatsächliche oder projektierte Energieeinsparung völlig aus dem Blick geraten ist und die erforderlichen Nachweise hierüber garnicht mehr erbracht werden. Es geht nur noch um den Nachweis eines möglichst kleinen U-Werts. Somit ist der U-Wert zum reinen Popanz geworden. Es geht nicht mehr um Energieeinsparung sondern um den U-Wert.

Dieser Entwicklung folgt die KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) unverdrossen. In vorauseilendem Gehorsam legt sie sogar besonders gut dotierte Förderprogramme auf, die dann zum Zuge kommen, wenn die nach der EnEV vorgeschriebenen U-Werte beträchtlich unterschritten werden.

Man kann getrost davon ausgehen, dass diese Entwicklung auf die höchst erfolgreiche Lobbyarbeit der Dämmstoffindustrie und auf die zahlreichen Verfilzungen in diesem höchst umsatzstarken Bereich der Bauwirtschaft zurückgeht. Augenfällig wird das z.B. dann, wenn Beamte oder offizielle Berater der Bundesregierung im Professorenrang bei Werbeveranstaltungen der Dämm-

stoffindustrie auftreten und den dort versammelten und andächtig lauschenden Architekten Merksätze zurufen wie „eine Dämmung unter 15 cm Stärke ist keine Dämmung!“

Es ist zu hoffen, dass diese Fehlentwicklung alsbald überwunden wird. Einstweilen muss aber auch ich davon ausgehen, dass auch für die TFA dann, wenn der Bauherr eine öffentliche Förderung begehrt, sehr niedrige U-Werte nachgewiesen werden müssen. Nach der derzeit gültigen EnEV beträgt der zulässige **U-Wert für Außenwände 0,28 W/m²K**.

Dieser sehr niedrige U-Wert kann bei der TFA nach der einschlägigen Norm DIN EN ISO 6946 nicht ohne weiteres nachgewiesen werden. Dies wäre nur dann möglich, wenn eine TFA zusammen mit Dämmstoffen verbaut würde, was zwar technisch möglich wäre, dem eigentlichen Sinn dieser Konstruktion aber zuwiderlaufen würde.

Dieses Problem ist aber inzwischen erfreulicher Weise gut gelöst, was im Nachfolgenden gezeigt werden wird.

Zum Begriff „Äquivalenz“

Verschiedene Forschungsinstitute, in erster Linie die Rheinisch – Westfälische Technische Hochschule (RWTH) in Aachen, haben in die bauphysikalische Forschung den Begriff des **äquivalenten Wärmedurchlasswiderstandes (R_{äq})** eingeführt. Diesen Begriff kann man folgendermaßen erklären:

Das herrschende bauphysikalische Modell betrachtet den Transmissionswärmestrom, der von der warmen zur kalten Zone wandert, als die ausschließliche Ursache des Heizenergieverlustes. Mit Dämmstoffen bestimmter Art und Stärke könne man den Transmissionswärmestrom so beeinflussen, dass er kleiner würde. Es gäbe somit ein mathematisch bestimmbares Verhältnis zwischen Dämmstoffen und Energieverlust.

Diese Vorstellung ist in dem Gesetz über Wärmeleitung von Fourier, einem Naturforscher aus dem 18. Jhd. verkörpert, das besagt, dass der Wärmestrom durch einen Festkörper durch folgende Eigenschaften bestimmt würde:

Dicke des Materials, spezifische Wärmeleitfähigkeit und Temperaturdifferenz.

In eine Formel gekleidet sieht das so aus:

$$Q = 1/d \times \lambda \times K$$

Hierbei stehen

Q für den Wärmestrom

1/d für den Kehrwert der Wandstärke

λ für die Wärmeleitfähigkeit (Wärmeleitfähigkeit)

K für die Temperaturdifferenz.

Nach dieser Formel können die wesentlichsten Bestandteile des U-Werts in (W/m^2K) berechnet werden. Beim U-Wert wird (K) mit 1 angenommen.

Betrachtet man diese Formel genauer, sieht man, dass der Wärmestrom (Q) aus einem Produkt mit drei Faktoren entsteht. Aus der elementaren Mathematik wissen wir, dass jeder der Faktoren die Grösse des Produkts alleine oder zusammen mit anderen bestimmt.

Die EnEV beschränkt sich hierbei auf die Beeinflussung durch die Wärmeleitfähigkeit (λ). Etwas anderes kennt sie nicht. Diese Selbstbeschränkung hat zum exzessiven Verbrauch von Dämmstoffen geführt, da diese sich günstig auf (λ) auswirken.

Ebenso gut kann aber – wie die Formel zeigt – (Q) auch über die Wandstärke und über die Temperaturdifferenz beeinflusst werden. Daran geht aber die EnEV vorbei. Das hat den Verordnungsgeber noch niemals interessiert.

Im Grunde besteht also unser Energieeinsparungsproblem darin, die drei Faktoren, aus denen durch Multiplikation der Wärmestrom (Q) entsteht, so zu gestalten, dass (Q) möglichst klein ausfällt. Man muss also die beste Kombination der Faktoren herausfinden.

Dieses Problem wäre ganz einfach lösbar, wenn die Randbedingungen immer gleich wären, in unserer Formel der Wert für (K) also immer konstant wäre. Davon geht das bauphysikalische Modell der EnEV aus. Genau das ist er aber ist in der Wirklichkeit so nicht. Mit dem Wechsel der Außentemperaturen verändert auch (K) fortwährend seine Grösse. Beziehen wir (K) auf die Innen – und Aussenwandoberflächen, also auf den Bereich, in dem Wärmeleitung berechenbar ist, haben wir nicht nur die Änderungen der Lufttemperaturen sondern mit ganz gravierenden Folgen auch noch Einstrahlung aus der Sonne, der Umgebung und die diffuse Einstrahlung. Das geht soweit, dass sich sogar zeitweise die Richtung des Wärmestroms ändert. Nicht selten wird somit unser Gebäude mitten im Winter sogar von aussen beheizt. Auch dann, wenn der gleichzeitig stattfindende Energieabtrag an der Außenwand gegengerechnet (bilanziert) wird.

Betrachten wir nun noch einmal unsere so schöne und einfach strukturierte Formel aus dem 18. Jhdt. sehen wir, dass sie untauglich geworden ist. Vor allem der Faktor (K) ist zu einer höchst unsicheren Grösse geworden. Wir erkennen nun also, dass uns die fourier'schen Wärmeleitungsformel nicht mehr helfen kann. Vor allem hilft sie uns dann nicht, wenn wir den Transmissionswärmestrom für eine gesamte Heizperiode ausrechnen wollen.

Aber dieses Problem ist lösbar:

Wir können nämlich die Heizperiode in kleine Teile aufspalten, z.B. in Stunden. Da besteht dann eine Heizperiode aus ungefähr 5.700 Stunden. Wir rechnen nun also für jede einzelne Stunde der Heizperiode, wobei es uns vor allem darauf ankommen muss, die Grösse (K) immer wieder von neuem zu bestimmen.

Empirisch erkennen wir, dass die Grösse von (K) nahezu ausschließlich durch Wetterereignisse bestimmt wird. Also beziehen wir den Wetterverlauf in unsere Berechnungen mit ein. Unsere Formel müssen wir nun auch etwas verändern. Bei (K) müssen wir nämlich vermerken, dass es sich um einen Stundenwert handelt. Die Stunde heißt lateinisch „hora“, sodass in der Physik ein kleines „h“ als Suffix hinzugefügt wird, wenn wir ausdrücken wollen, dass es um einen Stundenwert geht. Unsere Formel sieht nun folgendermaßen aus:

$$Q = 1/d \times \lambda \times K_h$$

Sie hat sich kaum verändert. Aber dennoch haben wir uns jetzt eine große zusätzliche Arbeit aufgehals. Wir müssen nämlich nun 5.700 – mal den Wert von (K_h) bestimmen. Gottseidank haben wir aber Computer, die diese Arbeit sehr schnell erledigen. Die Einzelheiten dieser Arbeit wurden andeutungsweise schon erklärt. Weitere Einzelheiten werden in weiteren Kapiteln noch erklärt werden.

Die stundenweisen Berechnungen sind für sich gesehen ebenfalls stationäre Berechnungen. Allerdings gilt hierbei für die Dauer des stationären Zustands, dass er nur eine Stunde lang andauert und sich sodann ändert. Die neue Berechnungsweise besteht somit aus 5.700 „Momentaufnahmen“. Das erinnert an die Technik des Kinofilms, wo in einer Sekunde 24 Standbilder vorgeführt werden, die zusammen den Eindruck von Bewegung vermitteln.

Ich selber nenne die von mir entwickelte Berechnungsweise daher „quasiin-stationär“.

Nun wollen wir aber wieder zum „äquivalenten Wärmedurchlasswiderstand“ zurückkehren, um den es in diesem Kapitel ja geht.

Bei äquivalenten Wärmedurchlasswiderständen werden die energetischen Prozesse, die letztlich in einem Transmissionswärmestrom ausgedrückt werden, ins Verhältnis zu einer Dämmschicht gesetzt, die rein rechnerisch zum gleichen Ergebnis führt. Hierbei werden die Wirkungen der Dämmschicht genau nach EnEV im stationären, also vorgeschriebenen Verfahren ermittelt. Das Ergebnis hierbei ist sodann eine Jahresbilanz, die beispielsweise durch einen Heizenergieverbrauch je Quadratmeter Wohn – und Nutzfläche und je Jahr dargestellt wird. Dies erfolgt in der Grösse

$$\text{Jahresenergieverbrauch} = \text{kWh/m}^2\text{a}$$

Die energetische Wirkung von Aussendämmungen auf den Heizenergieverbrauch für eine gesamte Heizperiode ist also die Bezugsgrösse für den äquivalenten Wärmedurchlasswiderstand. Man könnte nun darüber streiten, ob es sinnvoll ist, Dämmstoffe als „maßgebend“ anzusehen. Man kann sich aber darauf verständigen.

Nun gibt es bereits einige Technologien, die zu einer Minderung des Heizenergieverbrauchs ohne den Einsatz von Dämmstoffen führen. Zu nennen ist da z.B. die sog. „Transluzente Wärmedämmung“ (TWD)¹, die darauf beruht, dass über bestimmte Konstruktionen Sonnenenergie dem Gebäude zugeführt wird. Hierbei wird genutzt, dass Solarstrahlung auf Flächen mit hoher Absorptionsfähigkeit zu kräftiger Erwärmung führt und die dabei gewonnene Wärmeenergie dem Gebäude zugeführt wird. Diese Technik führt also zur Verminderung des nach aussen gerichteten Transmissionswärmestroms in einer experimentell bestimmbar Grösse. Der Witz besteht nun darin, dass diese Wirkung auf eine Aussendämmung umgerechnet wird, die rechnerisch den gleichen Effekt hätte. Die TWD ist also im Hinblick auf die Verminderung des Transmissionswärmestroms „äquivalent“ zu einer bestimmten Aussendämmung mit einer bestimmten Wärmeleitfähigkeit (λ) und einer bestimmten Dicke (d).

Genau das gleiche Verfahren kann auch auf die Termosfassade angewendet werden, die ja eine heizenergieeinsparende Wirkung hat, ohne dass Dämmstoffe eingesetzt werden.

Zur Ermittlung dieser Wirkung der TFA gibt es mehrere Verfahren, die zu einem genauen Ergebnis führen. Zu unterscheiden sind diese Verfahren im Wesentlichen nach dem Verhältnis von Messergebnissen und von reinen Berechnungen.

Aus der Formel für Q , die den Wärmestrom (Q) aus der Multiplikation der Faktoren $(1/d)$, (λ) und (K_n) bestimmt, wird in einem vorgezogenen Verfahren die Berechnung von (K_n) in einem gesonderten Rechengang vorweggenommen. Dieser Rechengang ist quasiinstationär, da bei ihm – das ist das Neuartige – die Wetterereignisse im stündlichen Rhythmus in die Berechnung eingefügt werden. Das Ergebnis dieser vorgezogenen Berechnung besteht aus der wechselnden Grösse des Temperaturgefälles zwischen Innen – und Aussenwandoberfläche.

Von entscheidender Bedeutung ist hierbei die Wahl der richtigen Systemgrenzen. Hierbei wurden die bauphysikalischen Prozesse, die zur Energieverlagerung führen, in zwei „Ereignisse“ geteilt:

- Primärereignis: Alle Vorgänge, die zur Veränderung der Aussenoberflächentemperatur an der Wand – nicht an der Oberfläche der TFA – führen.
- Sekundärereignis: Alle Vorgänge, die zur Energieverlagerung innerhalb der Wand führen. Diese Berechnung folgt weitgehend den bekannten Verfahren, wobei aber auch hier Verbesserungen eingeführt werden, wie insbesondere in einer genaueren Berücksichtigung des Feuchtezustands innerhalb der Wand und der Wärmespeicherungsfähigkeit²

¹ Bei der TWD ist eigentlich die Bezeichnung falsch, weil ihre Wirkung ja ausgerechnet ohne den Einsatz von Dämmstoffen entsteht.

(Wärmekapazität), die bei späteren Versionen der DIN 4108 und nun auch in der DIN EN ISO 6946 willkürlich und unter Verletzung physikalischer Gesetzmäßigkeiten aus dem Berechnungsverfahren eliminiert worden sind.³

- Wir haben somit zwei getrennt voneinander zu betrachtende Systeme: System 1 ist die Termosfassade von Plattenoberfläche bis Oberfläche Außenwand. System 2 ist die verkleidete Wand selbst.

In den bisherigen Verfahren zur U-Wert – Berechnung werden die Wärmeübergänge von der Raumlufte in die Außenwand (R_{si}) und von der Aussenwandoberfläche in die Umgebung (R_{se}) mit pauschalisierten Werten und mit einer einheitlichen Richtung von innen nach aussen eingesetzt. Beide Pauschalen sind erkennbar falsch. (R_{si}) beispielsweise hängt von der Temperaturdifferenz Raumlufte/Innenwandoberfläche ab, die durchaus nicht immer gleich ist. Völlig fehlerhaft wird ein pauschalisierter (R_{si}) dann, wenn – wie derzeit zunehmend - Wandheizungssysteme gebaut werden, bei denen sich dann die Richtung des Wärmeübergangs sogar dreht, sodass dann (R_{si}) mit einem negativen Vorzeichen versehen werden müsste.

Bei meinem neuen Berechnungsverfahren werden die Energieverlagerungen an der Außenwand sehr genau - quasiinstationär – berechnet. Die Ergebnisse ersetzen sodann den „grottenfalschen“ Pauschalwert (R_{se}) durch einen genauen Wert.

Das Herzstück des neuen Berechnungsverfahrens ist natürlich die Ermittlung des Wertes (K_h) unter Berücksichtigung des exogenen Energieeintrags in Abhängigkeit von den Wetterverhältnissen. Bereits jetzt steht fest, dass (K_h) deutlich geringer ausfällt, als die pauschalisierte Annahme in den EnEV – Berechnungen.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass der äquivalente Wärmedurchlasswiderstand ($R_{\text{Äq}}$) bei der TFA mit **mindestens 3,0 ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)** angenommen werden kann.

Zu diesem Ergebnis gelangt man bereits dann, wenn in die Berechnungen die sog. „Spaltformel“ der TFA eingefügt wird, die für die unbesonnte Konstruktion durch Messreihen ermittelt worden ist:

$$T_{\text{spalt}} = T_{\text{aussen}} \times 0,7 + 8 \text{ in } ^\circ\text{C}$$

² Vor allem bei wechselndem Temperaturgefälle ist die Wärmespeicherungsfähigkeit von Wandbaustoffen von außerordentlich großem Einfluss. Hierzu in einem anderen Kapitel mehr.

³ Die Missachtung der Wärmespeicherungsfähigkeit war eine gewollte Begünstigung der Dämmtechnik.

Mindestens abgesichert wenn nicht sogar verbessert wird ($R_{\text{Äq}}$) dann, wenn die derzeit laufenden Untersuchungen für die Spalttemperatur (T_{spalt}) an der besonnten TFA abgeschlossen sein werden. Diese Untersuchungen basieren ebenfalls auf Messungen bei Freilandersuchen.

Für den Anwender der TFA ist also künftig von Bedeutung, dass er in seine gewohnten Berechnungen zum Nachweis des U-Werts für die Termosfassade einen Wärmedurchlasswiderstand von $3,0 \text{ (m}^2\text{K/W)}$ einsetzen kann. Damit ist er dann auch in der Lage, den U-Wert mit Werten $\leq 0,280 \text{ (Wm}^2\text{/K}_h)$ nachweisen zu können.

In späteren Kapiteln wird dargestellt werden, mit welchen Verfahren und unter Berücksichtigung des Wetters (K_h) ermittelt werden kann.

Dipl.-Ing.(FH) Christoph Schwan