

Kapitel 39

Termosfassade, zum Verständnis einer neuen energieeinsparenden Fassadentechnik

Massive Außenwände

Bemerkungen zur Außentemperatur von Umfassungswänden.

In den vorangegangenen Kapiteln habe ich stets darauf hingewiesen, dass eine der entscheidenden Größen bei der Energieverlagerung in Außenwänden die Temperatur der Aussenoberfläche ist. Warum?

Grundlagen

Nach dem entropischen Gesetz hat jedes abgeschlossene System die Eigenschaft, dass sich der Energiezustand auf dem niedrigsten Niveau einstellt. Hierbei gilt, dass eine Energieverlagerung nur vom hohen zum niedrigen Energiezustand möglich ist. Eine Abweichung von dieser Gesetzmäßigkeit, die sich aus dem II. Hauptsatz der Thermodynamik ergibt, gibt es allerdings bei Strahlungsprozessen, bei denen Wärmestrahlung auch von einem niedrigen Energieniveau zum höheren Energieniveau emittiert wird. Erst wenn da die wechselseitige Energieverlagerung bilanziert wird, gilt auch da wieder – vom Ergebnis her – der II. Hauptsatz der Thermodynamik.

Für die Erörterungen in diesem Kapitel, das sich nur mit Außenwänden befasst, ist die Entwicklung der Temperaturen an den Oberflächen von Außenwänden von ausschlaggebender Bedeutung für die Verlagerung der Wärmeenergie – im Endeffekt also für den mit Geld zu bezahlenden Heizenergieaufwand. Hierbei sind sehr bedeutend die Definition des zu betrachtenden Systems und dessen Systemgrenzen. Verkörpert wird dieses System durch die Mauerwerkssubstanz.

Es wäre mithin irreführend, würde man unklare Systemgrenzen festlegen, wie dies beispielsweise bei den amtlichen U-Wertberechnungen gemacht wird, bei denen bekanntlich in die Berechnung der Wärmeleitung auch der Wärmeübergang auf beiden Wandoberflächen mit berechnet wird. Es sind dies die Werte für R_{si} und R_{se} .¹ Diese Werte sind zum Einen kaum sicher erfassbar, da es sich da um eine Mischung aus konvektiven und strahlenden Vorgängen handelt und zum Anderen eindeutige Systemgrenzen nicht mehr gegeben sind. Die Frage, ob das den Wert von R_{si} bestimmende Raumluftvolumen die gesamte Raumluft erfasst oder nur eine dünne Schicht vor der Innenwand, kann nicht sicher beantwortet werden und bleibt daher unklar. Völlig verworren wird das bei temperierten Wänden, da dort sogar die Richtung des Wärmeübergangs gedreht ist, da die temperierte Wand ja Wärme in den Raum abgibt – sowohl konvektiv als auch strahlend. Auf Innenwandoberflächen haben wir noch eine verhältnismässig klare Situation, da eine gut eingeregelter Heizanlage dazu führt, dass die dort herrschenden Oberflächentemperaturen nur geringen Schwankungen unterworfen sind.

¹ R_{si} und R_{se} beschreiben den Wärmeübergang von der Wandumgebung in die Wand. Es handelt sich um sog. „Wärmeübergangswiderstände“, die in $[m^2K/W]$ angegeben werden.

Höchst kompliziert und kaum berechenbar ist der Wert R_{se} an den Oberflächen von Außenwänden, weil diese dem Wetter ausgesetzt sind. Spätestens hier versagt die amtliche und in der EnEV vorgeschriebene stationäre Berechnungsweise vollständig.

Dies war auch dem Ordnungsgeber der EnEV vollkommen bewusst, sodass er es schon garnicht versucht hat, Berechnungsverfahren für R_{si} und R_{se} zu entwickeln. Die stationäre Berechnungsweise, die ja wegen der gewollten Begünstigung der Dämmstoffindustrie durchgesetzt werden sollte, zwang daher den Ordnungsgeber unter Mithilfe des Deutschen Normenausschusses zu der willkürlichen Festsetzung von pauschalen Werten für R_{si} und R_{se} .

Es wurden daher pauschal für die Wärmeübergangswiderstände festgesetzt:

$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
--

Der eigentlich sehr entscheidende Vorgang des Wärmeübergangs – vor allem der Vorgang, der zum „Energieverlust“ führt, wurde also nicht mehr berechnet sondern festgesetzt.

Hätte man – wie sich das eigentlich in einem durch gute Technologie bekannten Land gehört – das berechnen wollen, hätte man zwangsläufig die stationäre Berechnungsweise² aufgeben müssen. Dass das eigentlich vernünftig gewesen wäre, ergibt sich aus der Kommentierung zur EnEV (Prof.Dr.-Ing. Gerd Hauser³ und Prof.Dr.-Ing Erich Cziesielski in mehreren Veröffentlichungen), die die gravierende Fehlerhaftigkeit der EnEV – Berechnungen damit erklären, dass u.A. die klimatischen Randbedingungen in den Berechnungen des U-Werts nicht berücksichtigt sind. Auch sie sind also der richtigen Meinung, dass Wetterereignisse in die Berechnungen einbezogen werden müssen. Die Berücksichtigung des Wetters in bauphysikalischen Berechnungen führt aber unvermeidbar zu instationären Betrachtungsweise.

Höchst aufschlussreich ist hier das Verhalten der sog. „Energieberater“, die verbissen am stationären Modell festhalten, obwohl sogar die Verfasser der EnEV es für fehlerhaft erklären. Hierfür gibt es nur eine plausible Erklärung:

Die Energieberater sind völlig desinteressiert an einer wissenschaftlich halbwegs korrekten Berechnung der energetischen Vorgänge. Ihnen geht es einzig und alleine um die Rettung ihrer Existenzgrundlage, die im stationären Modell verkörpert ist. Da haben sie käufliche Programme, die sie in ihre Computer schieben und in Sekundenschnelle eine Pseudoberechnung liefern, die sie sodann für nicht wenig Geld ihren Klienten andrehen.

² Die stationäre Berechnungsweise geht davon aus, dass die inneren und äußeren Randbedingungen völlig unabhängig von den tatsächlichen Verhältnissen immer gleich sind. Demzufolge herrschen nach dieser Irrlehre im kältesten Februar die gleichen Randbedingungen wie im April, der ja noch ebenfalls der Heizperiode zugeschrieben wird.

³ Prof.Dr.-Ing. Gerd Hauser war an der Entwicklung der EnEV maßgeblich beteiligt.

Eine instationäre Berechnung wäre erheblich zeitraubender, würde eine individuelle Ingenieurleistung erforderlich machen und in den meisten Fällen auch das Fachwissen der Energieberater bei weitem überfordern. Sie können das schlicht nicht leisten. Sie wollen aber unter allen Umständen ihr bequemes Leben nicht verändern.⁴

Mit verbalem Schaum vor dem Munde bekämpfen sie daher jeden, der sich für das instationäre Modell einsetzt.⁵ Solche Leute werden dann als „Ziegelphysiker“ beschimpft, mich bezeichnet man als Lügner⁶ oder ein anderer empfiehlt sogar, mich am besten gleich ins Gefängnis zu stecken.⁷ Ebenso werde ich als „Baupfuscher“ bezeichnet.⁸

Zum Einfluss des Beheizungszustands auf die Aussenoberflächentemperatur.

Hierzu machen wir ein Gedankenexperiment:

Wir stellen uns also zwei sehr unterschiedliche Außenwände vor:

Wand 1:

Eine 1 mm dicke Blechhaut, wie man sie von Baucontainern her kennt.

Wand 2:

Eine 120 cm dicke Bruchsteinwand, wie man sie bei gotischen Häusern vorfindet.

In beiden Fällen ist die Temperatur der Umgebungsluft gleich. Sagen wir mal 0 °C. Die Wände 1 und 2 umschließen jeweils einen beheizten Raum mit 20 °C Raumlufttemperatur und einen unbeheizten Raum mit 5 °C Raumlufttemperatur.

Wenn wir jetzt die Temperaturen der Aussenwandoberflächen messen, werden wir feststellen:

Wand 1 (Blechwand) hat eine Aussenoberflächentemperatur von 19 °C, also nahezu gleich mit der dort herrschenden Innenraumtemperatur. Im unbeheizten Bereich beträgt die Temperatur 4 °C, also auch dort annähernd wie die Raumtemperatur.

Bei Wand 2 (Bruchsteinwand) stellen wir fest, dass sie sich den Umgebungsbedingungen angepasst hat. Beim Vergleich zwischen den Wänden vor beheiztem und unbeheiztem Raum stellen wir keinen Unterschied fest. Der Beheizungszustand hat also bei der Bruchsteinwand überhaupt keinen Einfluss.

Ganz empirisch stellen wir also fest, dass die Bauart der Wand einen Einfluss auf die Temperatur der Wandoberfläche aussen hat. Im Falle der Blechwand ist der Einfluss

⁴ Wie verbissen dieser Kampf geführt wird, zeigt sich auch daran, dass die Dämmindustrie offensichtlich auch Leute dafür bezahlt, dass sie in der Öffentlichkeit das stationäre Modell verteidigen.

⁵ Z.B. im HaustechnikDialog unter „Thermosfassade und „Thermosfassade“.

⁶ Ein gewisser Martin Havenith.

⁷ Ein gewisser unter dem Pseudonym „Busokunde“ auftretender Mensch.

⁸ Ein gewisser Georg Fiebig, der vor profundem Nichtwissen nur so strotzt.

groß, bei der Bruchsteinwand ist der Einfluss so klein, dass er nicht mehr messbar ist, baupraktisch hat der Einfluss hier den Wert „0“.

Nun bauen wir ja weder 1 mm dicke Blechwände noch 120 cm dicke Bruchsteinwände sondern normale Wände aus Ziegelsteinen oder anderen mineralischen Baustoffen mit einer Wandstärke von üblicherweise 36,5 cm. Im Altbaubestand wurden die Wände fast immer aus Vollziegeln errichtet – fast immer im Reichsformat, sodass da die Normwandstärke 38 cm beträgt.

Jedenfalls liegt die Bauart dieser Wände irgendwo zwischen der Blechwand und der Bruchsteinwand. Und wir wollen nun wissen, ob und wie sich hierbei der Beheizungszustand auf die Oberflächentemperatur auswirkt.

Man könnte da nun versuchen, Berechnungen anzustellen, die aber auf ihre Schlüssigkeit hin kaum sicher prüfbar sind. Wesentlich aufschlussreicher sind da Messungen, bei denen unbeheizte und beheizte Wandpartien geprüft werden. Wichtig bei derartigen Messungen ist, dass sie stets an unbesonnte Stellen durchgeführt werden, da Sonneneinstrahlung das Messergebnis verfälschen würde.

Derartige Messungen habe ich durchgeführt. Gemessen habe ich an Wänden mit normaler Wandstärke ≥ 30 cm, aber mit sehr unterschiedlicher Bauart und immer an beheizten und unbeheizten Partien. Dabei waren auch Wände mit Aussendämmungen in Form von WDVS.

Die Ergebnisse waren immer gleich. Einen signifikanten Unterschied zwischen beheizten und unbeheizten Wänden konnte ich niemals feststellen – auch nicht an WDVS. Offensichtlich wirkt sich bei Wänden ordentlicher Bauart der Beheizungszustand nicht aus. Ebenso wenig hat ein WDVS Einfluss auf die Temperatur an der Aussenwandoberfläche.⁹

Es gab aber einen ganz klaren Zusammenhang zwischen den Wetterbedingungen und den Oberflächentemperaturen. Interessant war hierbei vor allem auch das für mich zunächst überraschende Ergebnis, dass auch bei extrem niedrigen Temperaturen von -15 °C der Aussenluft sich die Wandoberflächen stets bei minimal -5 °C und darüber gehalten haben.

Steht eine Wand mit einer Oberflächentemperatur von -5 °C einer Aussenluft mit -15 °C gegenüber, kommt es selbstverständlich zu einem konvektiven Energieabtrag von mindestens 10 W/m². Also müsste eigentlich die Wand im Laufe der Zeit die Temperatur der Aussenluft annehmen und hierbei auskühlen. Das tut sie aber nicht. Es muss daher unvermeidbar eine Energiequelle vorhanden sein, die dem konvektiven Energieabtrag entgegenarbeitet.

⁹ Eine sehr umfangreiche Messung an der von mir sanierten Fabrik in Leipzig, Lütznerstrasse 77, bei der die Außenwände mit Temperierleitungen belegt sind, an der Fassadenseite sogar sehr dicht, da der hohe Fensterflächenanteil ausgeglichen werden musste, habe ich an 38 cm dicken Vollziegelwänden keinerlei Temperaturunterschied zwischen beheizten und unbeheizten Wänden feststellen können, obwohl dort die Innenwandflächen auf etwa 26 °C beheizt worden sind.

Diese Energiequelle ist auch vorhanden - wurde aber bisher in der amtlichen Bau-physik völlig übersehen. Auch wenn die Wand unbesonnen ist, strahlt die Umgebung des Gebäudes Wärmeenergie ab, die von der Wand absorbiert wird. Absorption von Wärmestrahlung führt aber zu Erwärmung. An einem trüben und sehr kalten Wintertag haben wir ausserdem aus dem Himmel eine Diffusstrahlung von etwa 80 W/m^2

Das können wir auch grob überrechnen, wobei wir berücksichtigen müssen, dass Strahlungen unterschiedlicher Herkunft ganz einfach miteinander addiert werden.

Gartenoberflächen kühlen höchst selten unter -3 °C ab. Der Emissionskoeffizient beträgt etwa $0,90$. Nach dem Strahlungsgesetz von Stefan-Boltzmann errechnet sich die Abstrahlungsleistung zu

$$5,671 \times 0,90 \times 2,7^4 = 271,24 \text{ W/m}^2$$

Diffusstrahlung 80,00 W/m²

Summe Einstrahlung 351,24 W/m²

Betrachten wir nun die Abstrahlungsleistung der Wand mit einer angenommenen Oberflächentemperatur von -3 °C und einem Emissionskoeffizienten von $0,85$, erhalten wir

$$5,671 \times 0,85 \times 2,7^4 = \underline{256,17 \text{ W/m}^2}$$

Wir haben also in diesem Beispiel einen Einstrahlungsüberschuss von $95,07 \text{ W/m}^2$, der selbstverständlich den konvektiven Energieabtrag von 10 W/m^2 mühelos ausgleicht und zugleich erklärt, warum Aussenwandoberflächen immer erheblich wärmer als die Aussenlufttemperatur sind.

Bei der TERMOSFASSADE haben die Freilandversuche gezeigt, dass die Spalttemperatur stets deutlich über der Aussenlufttemperatur liegt. Hierfür wurde eine empirische Gleichung gefunden:

$$T_{\text{spalt}} = T_{\text{aussen}} \times 0,7 + 8 \quad (\text{in } \text{°C})$$

Auch dieser Effekt kann teilweise auf den Einstrahlungsüberschuss zurückgeführt werden.

Fazit:

Die Oberflächentemperaturen von Außenwänden haben nahezu nichts mit dem inneren Beheizungszustand zu tun sondern sind die Folge von Energieverlagerungen zwischen der Aussenwandoberfläche und der Umgebung.

Diese Oberflächentemperaturen sind aber eine entscheidende Grösse bei der Berechnung der Energieverlagerungen in der Wand. Zum eigentlichen Energieverlust führt nur die Energiebilanz an der Gebäudeoberfläche, wenn dort der Energieabtrag grösser als der Energieeintrag ist.

Eine energieeinsparende Fassadentechnik ist dann gegeben, wenn einerseits der Energieabtrag möglichst klein gehalten wird, andererseits der exogene Energieeintrag nicht behindert wird. Ersteres können WDVS leisten. Die zweite Bedingung erfüllen sie aber nicht. Daher verwundert es auch nicht, dass es der Dämmindustrie bis zum heutigen Tage noch nicht gelungen ist, einen allgemeinverbindlichen messtechnischen Nachweis darüber zu führen, dass beim anzunehmenden instationären Zustand eine signifikante Energieeinsparung gelungen ist.

Christoph Schwan