

Kapitel 19

Termosfassade

Zur Berechenbarkeit der solaren Einstrahlung

Eine der wichtigsten Eigenschaften der Termosfassade besteht darin, dass die solare Einstrahlung dem Gebäude zugute kommt. Dies funktioniert in der Weise, dass die Fassadenoberfläche bei solarer Einstrahlung erwärmt wird – je nach Wetterlage und Einstrahlungsrichtung bis zu 45 °C. Die zwischen der Platte und Wand eingeschlossene Luftschicht befindet sich dann zwischen zwei Grenzflächen mit großen Temperaturunterschieden. Hierdurch kommt es zur Verwirbelung der ansonsten stehenden und dämmenden Luftschicht. Die bewegte Luft trägt sodann Wärmeenergie an der Platte ab und überträgt sie konvektiv an die dahinter befindliche Wand.

Von Bedeutung ist hierbei, dass die solar erhöhte Plattentemperatur ausschließlich von der Solarstrahlung abhängt. Die Temperatur der Aussenluft spielt hierbei kaum eine Rolle. Bekannt ist dieser Effekt jedem, der an einem strengen Wintertag sein Auto in der Sonne stehen lässt und dann bemerkt, dass der Innenraum des Fahrzeugs „teuflich heiß“ geworden ist – selbst bei Temperaturen von – 20 °C.

Ebenso erwärmen sich auch die Oberflächen von WDVS. Allerdings bewirkt dort der durch den Dämmstoff bewirkte Verzögerungsprozess, dass diese Energie, die in diesem Falle ja nur durch Wärmeleitung weitergeleitet werden kann, nie am Gebäude ankommt. Denn leider sind die Einstrahlungszeiten ja begrenzt. Ist die Sonne verschwunden, kühlt daher die Fassadenoberfläche in Minutenschnelle wieder aus und der Wärmestrom dreht wieder um, da er ja stets dem Temperaturgefälle folgt.

Nun möchte man bei der Termosfassade natürlich den solaren Energieeintrag möglichst genau berechnen, da dieser ja das Gebäude von außen erwärmt und hierdurch zu einer sehr großen Energieeinsparung führt. Allgemein kann man davon ausgehen, dass die von außen eingetragene exogene Energie in dieser Größe den Heizenergieverbrauch vermindert.

Wie schon an anderer Stelle mitgeteilt, ist es leider nicht möglich, hierfür genaue Prognosen zu erstellen, weil es bis heute und wohl auch künftig nicht möglich sein wird, genaue und langfristige Wetterprognosen zu erstellen. Wir müssen uns daher damit abfinden, dass unsere zukunftsorientierten Berechnungen immer fehlerhaft sein werden. Das soll uns allerdings nicht sonderlich betrüben.

Immerhin verfügen wir über langjährige Wettermessungen. Aus denen kann man ein Durchschnittswetter bilden, wie dies das Fraunhoferinstitut für Bauphysik (IBP) gemacht hat. Außerdem haben wir auch sehr gute Aufzeichnungen über die Extremverläufe von Heizperioden, also über die kältesten und wärmsten Verläufe.

Damit können wir also Berechnungen über den durchschnittlichen Wetterverlauf und über die extremen Verläufe anstellen, die für sich gesehen sehr genau sind. Wir können nunmehr eine Mittelwertsberechnung und deren maximale Abweichungen berechnen. Im Ganzen gesehen ist das mithin ein genaues Ergebnis. Berechnen wir beispielshalber den kältesten Wetterverlauf, können wir die Minimalheizleistung eines Wärmebereiters bestimmen. Berechnen wir den mildesten bekannten Winterverlauf, können wir sehr genau den minimalen Heizenergieverbrauch bestimmen.

Vergleicht man nun den Mittelwert einer Heizperiode mit den Extremverläufen, stellt man fest, dass die Abweichungen nach oben und unten geringer sind als man gefühlsmäßig annimmt.

Wenden wir uns nun also der Berechnung der solaren Einstrahlung in einer Durchschnittsheizperiode zu:

Folgende Faktoren bestimmen die solare Einstrahlung auf eine Außenwand:

- Himmelsrichtung der Wand
- Verschattungen der Wand durch vorspringende Bauteile, Nachbarschaftsbebauung, Erhebungen in der Umgebung und auch Bäume in stündlichem Wechsel für jeden Tag.
- Bedeckungsgrad des Himmels in Abhängigkeit vom atmosphärischen Luftdruck.
- Sonnenstand mit stündlichen Veränderungen für jeden Tag der Heizperiode.
- Emissionskoeffizient (ϵ) der Wandoberfläche (Absorptionsgrad)

Berücksichtigt man diese Faktoren, kann der solare Energieeintrag auf Außenwänden extrem genau ermittelt werden. In einer einzigen Rechnung – wie dies z.B. in den Verfahren nach EnEV betrieben wird, ist dies selbstverständlich völlig ausgeschlossen. Dort handelt es sich um ein dilettantisches Machwerk, dessen wesentliches Merkmal bodenlose Schlamperei ist. Die von mir ausgearbeiteten Berechnungen bestehen aus Simulationen, bei denen für jede Stunde einer Heizperiode (5.700 Stunden) eine gesonderte Berechnung durchgeführt wird. Dies geht natürlich nur noch mit computergestützten Rechenprogrammen, z.B. EXCEL von Microsoft.

Die Faktoren Himmelsrichtung, Verschattung, Sonnenstand und Emissionskoeffizient sind mit Hilfe von astronomischen Daten, mittels dreidimensionaler trigonometrischer Berechnungen und mittels Tabellenwerten für den Emissionskoeffizienten erfassbar. Die diesbezüglichen Berechnungen sind fehlerlos.

Etwas schwieriger war es, die Korrelation zwischen atmosphärischem Luftdruck und Bedeckungsgrad zu ermitteln. Bekannt war nur die empirische Erfahrung, wonach Hochdruckwetter als "Schönwetter" bezeichnet wird, wäh-

rend Tiefdrucklagen als „Schlechtwetterperioden“ mit hohem Bedeckungsgrad bezeichnet werden. Die gesamte Fachliteratur gab hierzu nichts her.

Zusammen mit meiner Mitarbeiterin Frau cand.Ing. Dirka Krüger machte ich somit daran, die Korrelation herauszufinden oder betrübt festzustellen, dass es womöglich eine verwertbare Korrelation garnicht gab.

Im Internet stießen wir dann aber glücklicherweise auf Datensammlungen des Potsdamer Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), aus denen wir für insgesamt 16 zurückliegende Jahre Werte für den Luftdruck und für den Bedeckungsgrad des Himmels fanden. In mühevoller Kleinarbeit wurden diese Daten in ein Rechenprogramm übertragen. Hieraus wurden sodann Diagramme gebildet – sowohl für den atmosphärischen Luftdruck als auch für die Bedeckungsgrade. Das Ergebnis war zunächst unbefriedigend, bis wir die Idee hatten, die Daten auf die vier meteorologischen Jahreszeiten aufzuteilen. Das Ergebnis war frappierend:

Im Frühling, Herbst und Winter gab es eine ganz klare und eindeutige Korrelation, nicht allerdings im Sommer. Die Sommerdaten hatten den ersten Versuch, ganzjährig zu rechnen, gestört, wie wir nun erkannten. Die Korrelation in den anderen Jahreszeiten war aber so eindeutig, dass wir sogar in der Lage waren, mit abgestuften Bedeckungsgraden in Abhängigkeit zum atmosphärischen Luftdruck zu arbeiten. Diese Werte waren Abminderungsfaktoren, die in die als konstant anzunehmende Solarkonstante¹ eingeführt wurden. Die bis dahin in die Simulationen eingeführte Globalstrahlung² wurde daher nicht mehr weiterverwendet.

Anzumerken ist aber auch hier, dass auch diese Werte keine Prognosen zulassen. Auch sie sind als langjährige Mittelwerte anzusehen, deren Schwankungsbreite nach oben und unten aber bekannt ist, sodass der systemimmanente Fehler klar bestimmt ist und daher nach den Spielregeln der Mathematik ein richtiges Ergebnis erzielt worden ist.

Nach dem gleichen Verfahren ist es natürlich auch möglich, die sommerliche Einstrahlungsleistung zu berechnen, wobei hier allerdings orografische Einflüsse beim jeweiligen Standort berücksichtigt werden müssen. So gibt es z.B. Gebiete mit überdurchschnittlich großen Nebellagen. (Regensburg und das angrenzende Donautal) Diese Berechnungen können von Bedeutung werden, wenn es konstruktionsbedingt Probleme mit dem sommerlichen Wärmeschutz gibt.

Hat man nun also mit der beschriebenen Methode die solare Einstrahlung ermittelt (in W/m^2h), ist ihr noch die erheblich einfacher berechenbare Dif-

¹ Die Solarkonstante gibt die Strahlungsleistung der Sonne oberhalb der Atmosphäre an und ist ein fester Wert.

² Die Globalstrahlung ist die stündlich gemessene Einstrahlungsleistung der Sonne unmittelbar über der Erdoberfläche, bei der alle Minderungsursachen bereits berücksichtigt sind. Daher sind Globalstrahlungswerte standortbezogen.

fusstrahlung³ und Umgebungsstrahlung⁴ hinzuzufügen. Sodann verfügen wir über ein sehr genaues Ergebnis über die Einstrahlungsleistung auf einer Gebäudeaussenwand.

Mittels einer umgeformten Gleichung zum Strahlungsgesetz von Stefan-Boltzmann ist es nunmehr auch möglich, mit stündlichen Werten die Oberflächentemperatur der Thermosfassade zu bestimmen und hieraus in weiteren Rechengängen bekannter Art den konvektiven Energieübergang zur eigentlichen Wand hin zu bestimmen.

Freilandversuche haben gezeigt, dass Messwerte und Berechnungsergebnisse sehr dicht beieinander liegen.

Christoph Schwan

³ Einstrahlungsleistung vorwiegend bei bedecktem Himmel und aus Himmelsgegenden, in denen die Sonne nicht steht.

⁴ Einstrahlungsleistung aus der Gebäudeumgebung, die im Einzelfall genau untersucht werden muss.