

Kapitel 18

Termosfassade

Zum Verständnis einer neuen energieeinsparenden Fassadentechnik

Bemerkungen zu den eigenen bauphysikalischen Berechnungen

Im Aufsatz Nr.17 habe ich an zwei Beispielen die Fehlerhaftigkeit der amtlichen bauphysikalischen Berechnungsverfahren vorgeführt. Bei meinen eigenen Berechnungen heißt das nun, dass das besser gemacht werden muss. In den vergangenen Jahren habe ich daran gearbeitet und stehe nun kurz vor der Vollendung von Berechnungsverfahren, die sicherlich noch keine exakten Ergebnisse liefern aber auf jeden Fall erheblich genauer und aussagekräftiger sind als das, was uns bisher geboten worden ist. Im Nachfolgenden stelle ich die Grundzüge meiner Berechnungen vor:

1) Instationäres Verfahren

Der systematische Fehler, der sich durch die amtliche Bauphysik hindurchzieht, ist die Annahme eines stationären Zustands der Randbedingungen. Vor allem wird hierbei völlig ignoriert, dass die Notwendigkeit der Gebäudebeheizung wetterbestimmt ist. Das Wetter ändert sich allerdings fortwährend und von stationären Randbedingungen kann also keine Rede sein. Will man jemanden als besonders unberechenbar und unzuverlässig kennzeichnen, verwendet daher die deutsche Sprache den Begriff „wetterwendisch“.

Wir müssen also in unsere Berechnungen den Wetterverlauf einbeziehen. Da stehen wir vor dem Problem, dass das Wetter nicht berechnet werden kann. Der Wetterverlauf ist chaotisch und entzieht sich somit der Mathematik. Dennoch können wir mit einiger Berechtigung vorhersagen, dass der Winter kälter ist als der Sommer, wir kennen das Wetter der Heizungsübergangszeiten und der Kernheizphase einigermaßen genau, bekannt ist auch, dass Hochdrucklagen zu sonnigem Wetter führen, während Tiefdrucklagen mit einer Bedeckung des Himmels einhergehen. Atlantische Tiefdruckgebiete sind mit kräftigen Westwinden und verhältnismäßig hohen Lufttemperaturen verbunden. Ebenso wissen wir, dass in den Heizungsübergangszeiten große Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht gegeben sind, während die Kernheizzeit diese Unterschiede nicht kennt. Trotzdem ist das alles noch sehr vage und für sinnvolle Berechnungen zu ungenau.

So unzuverlässig das Wetter auch ist, so zuverlässige Wetteraufzeichnungen haben wir seit über 100 Jahren. Damit waren die Meteorologen in der Lage, aus den unzähligen Messdaten ein Durchschnittswetter zu entwickeln. Auch das Fraunhoferinstitut für Bauphysik verfügt über ein derartiges Durchschnittswetter, das an einer Wetterstation in Holzkirchen südlich von München gewonnen worden ist. Mit diesem Durchschnitts-

wetter¹ kann man sehr gut arbeiten, da es stündliche Messwerte enthält und alle relevanten Wetterdaten vorhanden sind. Das einzige, was ich vermisse, ist die Angabe der Windrichtungen. Dieses Wetter ist in Fachkreisen als das „Holzkirchner Wetter“ bekannt. Man kann sich diese Wetterdaten aus dem Internet kostenlos herunterladen. Daher an dieser Stelle nach Holzkirchen ein „Dankeschön und ein herzliches Grüss Gott!“

Das tatsächliche Wetter weicht vom Durchschnittswetter natürlich immer ab. Diese Abweichungen sind zwar nicht weltbewegend, müssen aber dennoch berücksichtigt werden. Bei bauphysikalischen Berechnungen wollen wir natürlich auch die Abweichungen vom Durchschnitt behandeln. Das erreichen wir damit, dass wir uns aus den Wetteraufzeichnungen die größten nach oben und unten geschehenen Abweichungen herausuchen, und unsere Berechnungen auch für diese Wetterverläufe durchführen. Danach können wir zuverlässige Aussagen zu den energetischen Ereignissen machen und zugleich die maximalen Schwankungsbreiten angeben. Jedenfalls haben wir damit ein sehr gutes Werkzeug für instationäre bauphysikalische Berechnungen. Derartige Berechnungen habe ich inzwischen durchgeführt.

2) Simulationen²

Simulationen sind Experimente am Computer, bei denen zwei Sachen entscheidend für die Richtigkeit des Ergebnisses sind:

- Eingabe der richtigen Parameter
- Anwendung der richtigen physikalischen Berechnungsverfahren.

Verknüpft man die Parameter und die physikalischen Einzelberechnungen sinnvoll untereinander, verfügt man über ein Rechenprogramm, das am Computer in Sekundenschnelle Ergebnisse auswirft, obwohl der Computer in einer einzigen Berechnung mehrere Millionen Rechenoperationen ausführt. Die Rechengeschwindigkeit unserer stinknormalen Computer grenzt ans Wunderbare. In der Vorcomputerzeit konnte man von derartigen Berechnungen nur träumen. Allerdings überschüttet uns unser PC mit einem Datenwust aus Zahlen, Zahlen und nochmals Zahlen, die unanschaulich sind. Anschaulich wird der Zahlenbrei aber dann, wenn wir ihn in Diagramme verwandeln. Auch das machen unsere PC's mühelos.

3) Beispiel Sonneneinstrahlung

Die Sonne nimmt an jedem Tag und in jeder Stunde über jedem Punkt der Erdoberfläche eine genau bestimmte Position ein. Das ist so genau

¹ In der Fachwelt spricht man vom „Holzkirchner Wetter“, da sich die Wetterstation auf dem Forschungsgelände des Fraunhofer Instituts für Bauphysik befindet. (IBP)

² „Richtige Simulationen“ sind das allerdings nicht. Genau betrachtet handelt es sich um eine Abfolge von stationären Berechnungen im Stundenrhythmus, sodass ich meine Berechnungen als „quasiinstationär“ bezeichne. Das ist wie beim Kinofilm, bei dem eine fortlaufende Bewegung dadurch entsteht, dass in kurzen Zeitabständen viele Standbilder vorgeführt werden.

und zuverlässig, dass Seeleute mit einer genau gehenden Uhr in der Hand und einem Sextanten sowie mit einigen Tabellenbüchern auf hoher See ihren Standort auf 500 m genau bestimmen können. Als ich mich in den 70er Jahren einmal – weil ich von einer Weltumsegelung geträumt habe – mit derartigen Positionsbestimmungen beschäftigt habe, hatte ich den Einfall, die Sonnenhöhe mit meinem Theodoliten zu bestimmen. Die Uhrzeit entnahm ich einer Pendeluhr. Das Ergebnis bestand darin, dass Regensburg mitten in der Zentralschweiz liegen musste, ein Geheimwissen, das ich bis heute für mich behalten habe.

Für meine heutigen Berechnungen des Sonnenstands stütze ich mich auf Sonnenstandsdiagramme, die für den Raum Stuttgart herausgegeben worden sind. Sollte ich jemals eine Berechnung für die Gegend um Husum durchführen, werde ich den Höhenwinkel der Sonne um einige Grad vermindern, obwohl das Ergebnis hierdurch nicht nennenswert beeinflusst wird.

Im weiteren Rechengang muss nun die Richtung der sonnenbestrahlten Wand ermittelt werden. Mit Hilfe des Sonnenstands und der Wandrichtung ist es nun mit einigen Berechnungen aus der Trigonometrie möglich, mit stündlich sich ändernden Werten den jeweiligen tatsächlichen Einstrahlungswinkel der Sonne zur Wand zu errechnen.

Nun muss die Größe der Einstrahlungsleistung der Sonne ermittelt werden. Die Globalstrahlungswerte können den Wassertabellen entnommen werden. Sie liegen vorgefertigt vor. Allerdings kommt die Globalstrahlung nie in voller Grösse am Gebäude an. Dem Bedeckungsgrad entsprechend muss sie abgemindert werden. Leider habe ich da in der Fachliteratur nichts Brauchbares gefunden, sodass ich auf empirisches Grundwissen zurückgegriffen habe. Aus der Erfahrung heraus, dass bei Tiefdrucklagen ein hoher Bedeckungsgrad, bei Hochdrucklagen mit sonnigem Wetter gerechnet werden kann, habe amtliche Wetterdaten ausgewertet und hier eine sehr gute Korrelation zwischen atmosphärischem Luftdruck und Bedeckungsgrad herausgefunden. Nunmehr verfüge ich über Abminderungswerte für die Solarkonstante, also für die Sonneneinstrahlung über der Atmosphäre in 6 Stufen.

Aus der tatsächlichen Einstrahlungsleistung der Sonne und dem tatsächlichen Einstrahlungswinkel auf die Wand kann nun in einer weiteren sehr einfachen trigonometrischen Berechnung die wandbezogene Einstrahlungsleistung berechnet werden.

Gebäude werden auch verschattet. Bei abgewinkelten Gebäuden verschatten sie sich selbst. Auch diese Verschattung wird in einer Simulation mit stündlichen Werten berechnet. Das Ergebnis wird sodann von der schon berechneten solaren Einstrahlung abgezogen. In gleicher Weise wird auch die Verschattung durch Nachbargebäude bestimmt. Hierbei stütze ich mich auf amtliche Lagepläne, die genordet sind und auf

die aus Zeichnungen oder vor Ort gewonnenen Dachkantenhöhen. Ich wüsste nicht, wie man das noch genauer machen kann.

Der Rest besteht in einer sinnvollen Anwendung des Strahlungsgesetzes von Stefan-Boltzmann, die zur Bestimmung der Wandoberflächentemperatur unter unmittelbarer Sonneneinstrahlung führt. Da das Ganze als Simulation geführt ist, verfüge ich nunmehr über ein Berechnungsverfahren, bei dem ich stündlich die Entwicklung der Wandtemperatur verfolgen kann. Diese entsteht aus einer Energiebilanz, bei der Einstrahlung und Abstrahlung miteinander verrechnet werden.

Die Rechenergebnisse habe ich später mit Messergebnissen verglichen. Die Übereinstimmung war erstaunlich gut. Die maximalen Abweichungen der gemessenen von den berechneten Wandtemperaturen lagen bei 2 K.

Nun ist es auch möglich, den ständigen Wechsel des Temperaturgefälles zwischen Innenwand und Gebäudeoberfläche genau zu verfolgen und damit auch den in der EnEV dominierenden Transmissionswärmestrom. Dabei kommt dann auch zum Vorschein, dass auch im Winter sehr häufig und die Energiebilanz bestimmend der Transmissionswärmestrom von außen nach innen gerichtet ist und demzufolge ein riesiger exogener Energieeintrag stattfindet. Zugleich ist nun auch das Ergebnis der GEWOS – Studie rechnerisch nachvollziehbar, das in einer Erhöhung des Heizenergieverbrauchs um 17% bei nachträglich aufgebrauchten WDVS bestand. Bei der Berechnung kamen in der Tat genau diese 17% heraus.³

Ein recht interessantes Teilergebnis bestand bei der Berechnung einer reinen Südwand darin, dass die größte Einstrahlungsleistung im April und im September stattfindet und nicht etwa in den dazwischen liegenden Sommermonaten.

Die von mir erstellte Simulation besteht aus zahlreichen weiteren Berechnungen, wobei das Endergebnis der von mir kreierte Energiebilanzwert (Φ_b) in $\text{W/m}^2\text{h}$ ist, der aus der Bilanzierung von Energieeintrag und Energieabtrag entsteht und unmittelbar den aussenwandbezogenen Heizenergieaufwand zeigt.

Instationäre Berechnungen für die energetischen Vorgänge an Gebäuden sind also möglich. Damit sind die stationäre Berechnungsweise und alles was damit verbunden ist, also auch die EnEV eigentlich, mausetot.

Christoph Schwan

³ Hierbei wurde davon ausgegangen, dass WDVS die Aussenwandoberfläche von exogener Energie abkoppeln. (Siehe auch Karl Gertis, ehem. Leiter des Fraunhoferinstituts für Bauphysik.)