

Kapitel 2

Termosfassade

Zum Verständnis der neuen energieeinsparenden Fassadentechnik Strahlung, Strahlungsgesetz von Stefan – Boltzmann

Vorbemerkung:

In Nr.1 wurde ein allgemeiner Überblick zur Physik der Thermosfassade gegeben. Im Nachstehenden werden die wirkenden physikalischen Ereignisse an der Thermosfassade, die mit Wärmestrahlung zu tun haben, näher behandelt.

Geschichte

Das Licht war von Anbeginn der Menschheitsentwicklung an ein Mysterium. Das Universum beginnt mit der Erschaffung des Lichtes durch Gott. Es ist verblüffend, dass der biblische Bericht hierzu mit der modernen Kosmologie, der Urknallthese, perfekt zusammenpasst. Jedenfalls zieht sich durch die Menschheitsgeschichte hindurch, dass das Licht göttliche Ursprünge hat. In manchen Religionen wurde sogar die Identität von Licht und Gott erklärt. Der forschende Mensch hat bis heute noch längst nicht alles über das Licht herausgefunden. Einiges wissen wir aber. So z.B., dass Licht eine der unzähligen Manifestationen von Energie ist.

Unser heutiger Begriff von Licht ist – gemessen am Zeitraum, in dem die Menschheit sich damit schon beschäftigt - blutjung. Erst Albert Einstein hat mit dem Glauben Schluss gemacht, dass Licht zu seiner Verbreitung eines Mediums bedürfe, des Äthers. Dass Licht Energie übertragen kann, wusste der Mensch von Anfang an. Das war eine empirische Erfahrung. Dass Licht aber etwas mit elektromagnetischen Wellen zu tun hat, die sich mit rasender Geschwindigkeit ausbreiten, ohne dass dabei aber auch nur ein Hauch von Materie bewegt wird, wissen wir gerade seit etwa einhundert Jahren. Inzwischen wissen wir auch, dass das sichtbare Licht deshalb sichtbar ist, weil unser Gehirn so gebaut ist, dass ein schmales Wellenspektrum dort einen Lichteindruck auslöst. Weicht dieses Spektrum nur geringfügig nach oben und unten ab, sehen wir nichts. Gegenüber dem überwiegenden Teil des Spektrums der elektromagnetischen Wellen sind wir von Geburt an blind. Das ist auch gut so. Wäre für uns das gesamte Spektrum sichtbar, würden wir bei der großen Reizüberflutung wohl unseren Verstand – sofern die These dessen Vorhandenseins stimmt – verlieren. Die Evolution hat also unser Wahrnehmungsvermögen auf das zum Überleben Notwendige eingeschränkt. Wir sollten auch darüber nachdenken, dass das Sehen, das ja nur im Gehirn stattfindet, kein Beleg dafür ist, dass die Natur sich uns zeigt. Unser Bildeindruck ist nur eine Interpretation uns erreichender elektromagnetischer Wellen. Von vielem wissen wir, dass es existiert, wir können einen Backstein in die Hand nehmen, ihn fühlen, wiegen und auch betrachten. Wir wissen auch, dass

dieser Backstein aus Molekülen und Atomen zusammengesetzt ist, deren Kerne von Elektronen umschwirrt werden. Sehen können wir das aber nicht.

Wir sehen auch Farben. In Wirklichkeit gibt es aber keine Farben sondern nur bestimmte Frequenzbereiche elektromagnetischer Wellen, die erst im Gehirn den Eindruck von Farbe bewirken. Die Frage nach der Farbe des Universums ist daher sinnlos. Und dennoch erfreuen wir uns an Werken der Bildkunst, ersteigern sie – so wir reich genug sind – für mehrere Millionen, die wir aber bei genauer Betrachtung für eine reine Illusion ausgeben. Also erkennen wir, dass Kunst nicht autonom ist sondern ihren Sinn und auch kommerziellen Wert nur durch das Wahrnehmungsvermögen gewinnt, die Wahrnehmung aber eine reine Illusion erzeugt. Wären wir ausnahmslos blind wie die Grottenolme, wäre Leonardos Mona Lisa wertloses Zeug. Nur Leonardo, der zumindest bei der Erschaffung des Bildes sehen können musste, hätte womöglich sich an seinem Werk erfreuen können. Da ich aber den vielen Sammlern von Gemälden den Spaß nicht restlos verderben will, nunmehr wieder etwas mehr Physik. Zuvor aber noch etwas zum Nachdenken:

Wir wissen, dass der Farbeindruck erst im Gehirn entsteht. Woher wollen wir aber wissen, dass jeder Mensch den gleichen Farbeindruck hat? Das würde doch voraussetzen, dass die Gehirne genormt wären.

Strahlungsgesetze

Empirisch wusste man, dass Strahlung Wärme übertragen konnte. Ebenso wusste man, dass das Maß der Strahlung von verschiedenen Randbedingungen abhing, vor allem von der Temperatur des Strahlers und dessen Farbe. Man ahnte auch, dass es einen Zusammenhang zwischen Aussendung (Emission) und Aufnahme von Strahlung (Absorption) zu geben schien. Dieses Wissen war bereits Ende des 18. Jhdts. vorhanden. Die physikalische Natur der Wärmestrahlung war aber völlig unbekannt. Erst der österreichische Physiker Josef Stefan (1835 – 1893) stellte systematische Messungen an und wertete diese aus. Hierbei kam er bei der Betrachtung unzähliger Messwerte darauf, dass die Strahlungsleistung in der 4. Potenz proportional zur Temperatur des Strahlers stand. Zugleich fand er heraus, dass es einen besten Strahler geben musste. Die Abstrahlungsleistung in Abhängigkeit vom Emissionsvermögen war also nach oben begrenzt. Etwas später beschäftigte sich ein weiterer österreichischer Physiker, Ludwig Boltzmann (1844 – 1906) mit dem gleichen Problem auf mehr theoretischer Grundlage, wobei er die Entdeckung von Josef Stefan bestätigte. Im englischen Sprachraum lautet das gefundene Strahlungsgesetz „Stefan’s Law“, im deutschen Sprachraum nennt man es das „Strahlungsgesetz von Stefan-Boltzmann“. Seitdem ist Wärmestrahlung berechenbar.

Der theoretisch beste Strahler ist mit der größtmöglichen Strahlungskonstanten(σ) ausgestattet und hat den Wert, die sog. „Stefan-Boltzmann –

Konstante“ mit dem Zahlenwert 5,671. Ein Strahler mit diesem (σ) (kleines griech. Sigma) heißt „Schwarzer Strahler“. Dieser ist jedoch nur ein theoretisches Gebilde, das es in der Natur nicht gibt. In der Praxis müssen wir den Wert von (σ) mit dem Strahlungskoeffizienten (ϵ) (kleines griech. Epsilon) multiplizieren, um die richtige Strahlungsleistung in Abhängigkeit vom Abstrahlungsvermögen berechnen zu können. Diese wird letztlich in (W/m^2) angegeben.

Eine in der Praxis bewährte Berechnungsformel für die Strahlungsleistung lautet.

$$[3] \quad \Phi_{\text{strahlend}} = \sigma \times \epsilon \left(T/100 \right)^4 \text{ in } (\text{W}/\text{m}^2)$$

Für (T) ist die absolute Temperatur des Strahlers in (K) (Kelvin) einzusetzen. Die Werte für (ϵ) können Tabellensammlungen entnommen werden. Das Zeichen (Φ) steht für den Begriff „Wärmestrom“. Wenn man die Temperatur des Strahlers und den Strahlungskoeffizienten kennt, kann man also mühelos die Abstrahlungsleistung berechnen. Das Berechnungsverfahren nach Stefan-Boltzmann bezieht sich auf ein gemischtes Wellenlängenspektrum. Mathematisch gesehen ist es daher ein Integral. Der deutsche Physiker Max Planck (1858 – 1947) untersuchte Ende des 19. Jhdts. die wellenlängenabhängige Strahlungsleistung und wies hierbei nach, dass kurzwellige Strahlung energiereicher ist als langwellige. Mittels des Planckschen Strahlungsgesetzes kann daher die Abstrahlungsleistung für beliebige Wellenlängen detailliert gerechnet werden. Im Bauwesen jedoch sind die Berechnungen nach Stefan- Boltzmann hinreichend genau. Die Arbeiten von Max Planck waren die Grundlage der Quantenphysik.

Nur gibt es da eine Komplikation im Bauwesen: Die Temperaturen von strahlenden Flächen sind einem ständigen Wechsel unterworfen. Geht es um Außenwandoberflächen, stellt man sehr schnell fest, dass deren Temperaturen nahezu nichts mit dem Beheizungszustand des Gebäudes zu tun haben und stattdessen von den exogenen Randbedingungen abhängen. Das sind im Wesentlichen die Abstrahlungsleistung der Gebäudeumgebung, die Solarstrahlung und konvektive Prozesse. Eine Berechnung mit stationären Randbedingungen – wie dies in der EnEV üblich ist – führt zu extrem ungenauen Ergebnissen. Daher bleibt nichts anderes übrig, als zunächst den fortlaufenden Wechsel der Randbedingungen experimentell und rechnerisch zu erfassen. Daten hierzu gibt es genügend. Rechnerisch landen wir aber unvermeidbar bei Simulationen. Simulationen sind Experimente, die am Computer nachgestellt werden. Das kann man inzwischen an jedem halbwegs ordentlichen PC bewerkstelligen, auf dem ein Tabellenrechenprogramm installiert ist. Hierzu später mehr. Dringend ist bei derartigen Berechnungen davor zu warnen, alle energetischen Prozesse an einer Gebäudeoberfläche, also Strahlung und Konvektion in einer einzigen Berechnung erfassen zu wollen, wie dies teilweise in der Fachliteratur empfohlen wird. Spätestens dann, wenn mit

instationären Randbedingungen gearbeitet wird, wäre dies ein Verstoß gegen die Regeln der Algebra. Gleichungen 4. Grades dürfen nämlich nicht mit linearen Gleichungen vermenschet werden.