

WÄRMEDÄMMUNG VON GEBÄUDEN

HERKÖMMLICH ODER TRANSPARENT?



Bild 1: Mit Nanogel gefüllte Stegdoppelplatte an der Südfassade

Die Reduzierung des Heizenergiebedarfs von Gebäuden steht weit oben auf der Dringlichkeitsliste, was unter anderem durch die neuere Gesetzgebung zum Ausdruck kommt. Da hauptsächlich der Transmissionswärmeverlust durch die Gebäudehülle den Heizenergiebedarf bestimmt, ist es gängige Praxis, diesen durch möglichst gut dämmende Baustoffe zu reduzieren. Außenwände werden häufig mit einem so genannten Wärmedämmverbundsystem ausgeführt. Auf das Mauerwerk wird eine Dämmschicht aufgeklebt, welche verputzt wird.

Der Verfasser untersuchte im Winter 1981 an seinem neu erbauten, noch nicht verputzten Haus eine Alternative zur vorgenannten Wärmedämmschicht. An der Süd- und Westseite wurde für ein Experiment jeweils ein etwa 1 m² großer Abschnitt Stegdoppelplatte aus Plexiglas angebracht. Wie von der Trombe-Wand¹⁾ bekannt, sollte die auftreffende Sonnenstrahlung die Wand aufheizen. Der Wärmedurchgang bei niedrigen Außentemperaturen von innen nach außen sollte zudem durch die vorgesetzte Platte gegenüber der Ziegelwand allein reduziert werden. Zwischen Platte und Wand war ein Luftspalt von etwa 2 cm mit einer Abdichtung am Plattenrand. Im Bereich der Plattenmitten wurden die Wände von innen angebohrt, um den Fühler eines Thermographen etwa auf die halbe Wandstärke einführen zu können. Die Messungen ergaben erstaunlich hohe Wandtemperaturen, zeitweilig über der Innenraumtemperatur. Die Umsetzung des Experiments in eine Fassadenverkleidung vorzugsweise auf der Südseite er-

schien dann doch etwas gewagt, obwohl ein entsprechendes Baugesuch positiv beschieden wurde. Die 30 cm starken Außenwände aus porosiertem Ziegel, Rohdichte 1,0 kg/dm³, wurden konventionell verputzt. Mit einem U-Wert von 1,18 W/m²·K wurden die damals gültigen Vorschriften bezüglich des Wärmeschutzes eingehalten.

Aus heutiger Sicht ist eine solche Außenwand dringend verbesserungsbedürftig, weshalb zwischenzeitlich mit Ausnahme der Südwand eine zusätzliche Dämmung von 10 cm Stärke angebracht wurde, was allerdings auch noch nicht ausreichend ist.

Das TWD-Prinzip

Strahlungswärme einzufangen statt auszusperren, ist nach wie vor ein reizvolles Thema. Wenn es gelingt, eine Wärmedämmung so auszuführen, dass sie den Wärmeabfluss nach außen weitestgehend verhindert, dabei aber von außen kommende Wärme in die Wand eindringen lässt, könnte in der Bilanz ein Energiegewinn erzielt werden. Unter dem Begriff der Transparenten Wärmedämmung (TWD) werden bzw. wurden von mehreren Herstellern entsprechende Systeme angeboten. Informationen findet man etwa beim Fachverband Transparente Wärmedämmung [1]. Den unterschiedlichen Ausführungen ist eine erhebliche Aufbaudicke gemeinsam, was den Einsatz an bestehenden Gebäuden erschweren kann.

Nun ist seit einigen Jahren von der Fa. Capot ein lichtdurchlässiges Granulat mit dem Namen Nanogel erhältlich [2]. Seine wesentliche Eigenschaft ist die geringe Wärmeleitfähigkeit. Mit diesem Material werden von mehreren Herstellern lichtdurchlässige Hohlplatten gefüllt, woraus dann transparente Wände oder Decken mit sehr guter Wärmedämmung erstellt werden. Diese Lichtwände sind allerdings nicht direkt durchsichtig sondern nur durchscheinend. Für den Verfasser gab die Verfügbarkeit des Granulats den Anstoß, das Thema TWD wieder aufzugreifen, denn mit der Granulatfüllung verringert sich der U-Wert einer Stegdoppelplatte erheblich. Damit eröffnet sich die Chance

auf eine einfach gebaute, vorgehängte-Fassade mit geringer Aufbaudicke.

Die TWD-Wand im Winter

Mit einer 16 mm starken Stegdoppelplatte aus Polycarbonat, gefüllt mit Nanogel, wurde ausgangs des Winters 2008/09 der frühere Versuch wiederholt. Bild 1 zeigt die Platte an der Südfassade des Hauses. Die Platte hat etwa 2 cm Abstand von der Wand. Der Spalt ist ringsum mit einem Schaumstoffstreifen abgedichtet, um Hinterlüftung zu vermeiden. Durch Bohrungen wurden Kabel mit Temperaturfühlern am Ende in die Wand eingebracht, die Abstände betragen im mittleren Bereich der Platte 4 cm bzw. 10 cm von außen und 4 cm neben der Platte. Mit einem vierten Fühler wurde die Lufttemperatur gemessen. Ein Pyranometer neben der Platte misst die in der Plattenebene auftreffende Strahlung. Die Messwerte wurden mit einem Datenlogger über Tage hinweg aufgezeichnet.

V Versuchsergebnisse

Einen Eindruck von der Dämmeigenschaft der Platte vermittelt Bild 2, hier sind die Temperaturverläufe einer kalten Nacht von 20 Uhr bis 6 Uhr aufgetragen. Im Abstand von 4 cm zur Wandaußenfläche ist die Temperatur der Wand hinter der Platte etwa um 8 K höher als im Wandbereich ohne Platte. Erwartungsgemäß ist weiter im Inneren der Wand bei 10 cm die Temperatur noch etwas höher.

Bild 3 zeigt beispielhaft Messwerte für eine Woche mit „gemischtem“ Wetter. Die Lufttemperatur liegt meist unter dem Gefrierpunkt. An den Strahlungswerten erkennt man deutlich trübe Tage und solche mit zeitweiligem Sonnenschein. Die Wandtemperaturen folgen eindeutig der Strahlung. Bei Sonne liegen die Werte hinter der Platte über Stunden hinweg höher als 20°C, so dass keine Wärme in der Wand nach außen fließt.

Bild 4 fasst alle Messergebnisse zusammen und zeigt die maximalen Wandtemperaturen sowie die mittlere Lufttemperatur tagsüber über der mittleren Strahlung von 8 bis 18 Uhr. Nach den Trendlinien würde mit einer mittleren Strahlung von

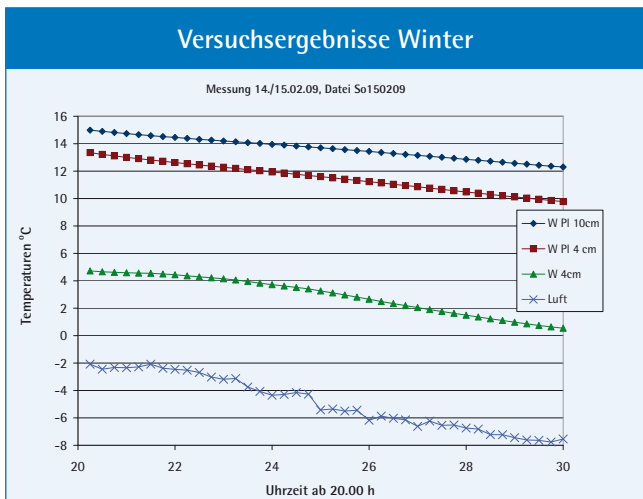


Bild 2: Temperaturverläufe während einer Nacht

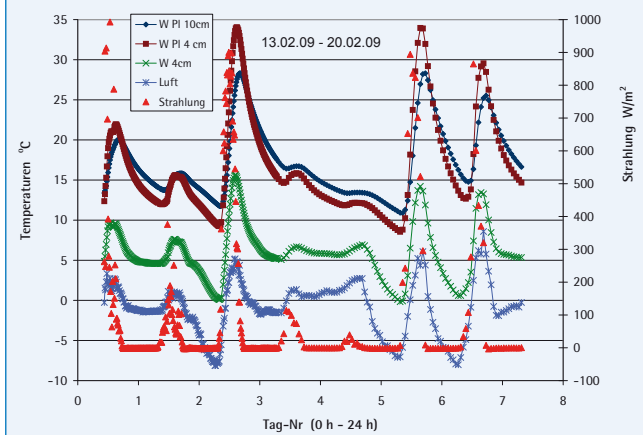


Bild 3: Wochenübersicht Temperaturen und Strahlung

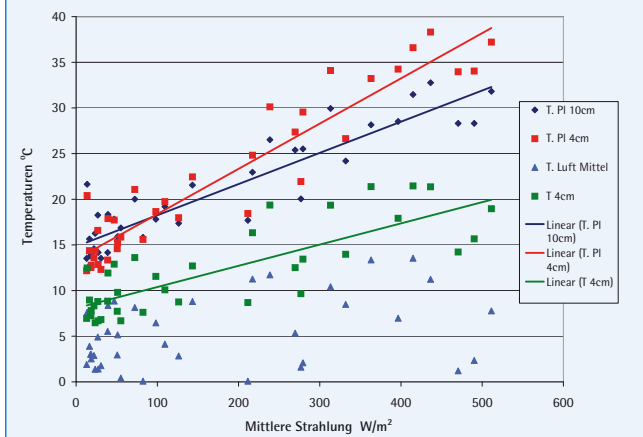


Bild 4: Wandtemperaturen und Strahlung

etwa 130 W/m² eine maximale Wandtemperatur von 20°C hinter der Stegdoppelplatte erreicht. Damit würde der Wärmefluss nach außen gestoppt. Bei stärkerer Strahlung heizt sich die Wand weiter auf. Der größere Wärmeverrat in der Wand hält die Temperatur während der Nacht länger auf dem Niveau des Innenraums. Auf diesen Effekt hat die Temperatur der Außenluft einen geringen Einfluss, wie die entsprechenden Messpunkte im Diagramm zeigen.

Während der Nacht wie auch in Perioden mit bewölktem Himmel mit Globalstrahlungswerten unter 50 W/m² ist die Dämmwirkung der vorgesetzten, lichtdurchlässigen Schicht

entscheidend. Für Nanogel wird eine Wärmeleitfähigkeit von 0,018 W/m·K angegeben. Sie ist damit halb so hoch wie die üblicher Dämmstoffe. Damit würde sich für eine Wand entsprechend der Versuchsanordnung ein U-Wert von etwa 0,6 W/m²·K ergeben. Dagegen verbessert eine konventionelle Dämmschicht von 10 cm mit der Leitfähigkeit 0,04 W/m·K den U-Wert auf etwa 0,3 W/m²·K. Wollte man diesen Wert mit einer transparenten Dämmung erreichen, wäre eine Nanogel-Schichtdicke um 40 mm erforderlich. Mit zunehmender Schichtdicke geht jedoch die Lichtdurchlässigkeit zurück. Vor allem jedoch steigt der Preis je m² TWD, da Nanogel ein vergleichsweise teurer Dämmstoff ist. Auch ist die Dämmung nicht so „schlank“ wie es wünschenswert wäre. Andere TWD-Lösungen liegen mit mehr als 10 cm Aufbaudicke allerdings noch darüber.

Die TWD-Wand im Sommer

Eine herkömmliche opake Außenwanddämmung kann auch im Sommer vorteilhaft sein, da sie bei starker Einstrahlung auf Südwände die unerwünschte Aufheizung vermindert. Dagegen ist bei einer TWD zu befürchten, dass in der Wand hohe Temperaturen auftreten. Mit Verschattungseinrichtungen kann diesem Effekt entgegen gewirkt werden. Um eine Vorstellung von der Größenordnung der Temperatur in einer TWD-Wand zu bekommen, wurde im Sommer 2008 eine Wand von etwa 1 m x 1 m aus porosiertem Hochlochziegel, Stärke 30 cm, trocken aufgesetzt. Zwischenlagen aus Folien kaschiertem Abdeckvlies verhindern vertikale Strömungen in den Luftkammern. Der Hersteller gibt eine Rohdichte von 0,7 kg/dm³ und eine Wärmeleitfähigkeit von 0,14 W/m·K an. Vor die nach Süden gerichtete Fläche wurde die schon beschriebene Stegdoppelplatte mit Nanogel-Füllung mit Abstand etwa 2 cm montiert. Seitlich war der Spalt abgedichtet. Unten wie oben konnte der Spalt offen oder geschlossen sein. An den übrigen Seiten wurde der Wandkörper in Hartschaumplatten von 10 cm Stärke gepackt, um den Wärmeabfluss zu reduzieren. Damit sollte eine Extremsituation für die Wand realisiert werden. Bild 5 zeigt die Versuchswand an der südwestlichen Ecke des Hauses. Die Temperaturfühler befinden sich zwischen zwei Steinlagen auf halber Höhe im Abstand 4 cm von der Außen- bzw. Innenfläche. Weitere Temperaturfühler erfassen die Lufttemperatur im Spalt zwischen Mauer und Platte, an der Plattenaußenfläche sowie die Außenlufttemperatur. Das Pyranometer steht horizontal oben auf der Wand

Versuchsergebnisse

Die Messungen fanden in der zweiten Augushälfte 2008 statt. Es gab leider keine Tage mit durchgehend klarem Himmel. Bild 6 gibt die Temperaturen an einem Tag mit leichter, wechselnder Bewölkung wieder. Bei dieser Messung war der Luftspalt oben und unten verschlossen, so dass keine Hinterlüftung gegeben war. An der Wandaußenfläche steigt die Temperatur am Nachmittag auf gut 70°C. Erwartungsgemäß schwächt sich der Temperaturanstieg in Richtung Wandinnenfläche ab und ist zeitlich verzögert. Die Außenfläche der Stegdoppelplatte erreicht etwa 32°C. In einer weiteren Messreihe war die Stegdoppelplatte hinterlüftet. Die Wandaußenfläche erwärmte sich nur auf gut 40°C, ebenfalls bei leichter, wechselnder Bewölkung.

Die Hinterlüftung ist nicht nur für die Wand, sondern auch für die Platte von Bedeutung. Ohne Hinterlüftung tritt an der Stegdoppelplatte eine erhebliche Temperaturdifferenz zwischen innerer und äußerer Oberfläche auf. Während außen gut 30°C erreicht werden, dürfte die Temperatur innen identisch mit der Wandaußenfläche, also gut 70°C sein. Als Folge zeigt sich eine auffällige Wölbung der Platte nach innen. Bild 7 zeigt die in der horizontalen Ebene gemessenen Durchbiegungen am unteren und oberen Plattenrand und auf halber Höhe. Die Temperaturdifferenz ist ebenfalls eingetragen. Die maximale Durchbiegung auf

1 m Plattenbreite beträgt nahezu 20 mm. Die Durchbiegung wurde auch in der senkrechten Ebene an den Plattenrändern und in der Mitte gemessen. Die Werte sind um einige mm geringer. Das ist auf die senkrecht verlaufenden Stege zurück zu führen. In der Variante mit Hinterlüftung wurde eine maximale horizontale Durchbiegung in der Mitte von 6 mm gemessen bei einer maximalen Temperaturdifferenz von 13°C. Eine Verformung in diesem Maße wäre vermutlich tolerierbar.

Erkenntnisse und neue Fragen

Die Tatsache, dass eine Gebäudewand solare Strahlung aufnehmen und als Wärme speichern kann, konnte durch Messung nachgewiesen werden. Mittels einer lichtdurchlässigen Schicht vor der Wand lässt sich der Wärmegehalt erhöhen. Der Effekt dürfte darauf beruhen, dass die meist bewegte Außenluft keinen direkten Kontakt mit der Wand hat. Wenn keine oder nur eine sehr geringe Strahlung vorhanden ist, sollte die lichtdurchlässige Schicht möglichst gut als Wärmedämmung wirken, ganz gemäß der Bezeichnung „Transparente Wärmedämmung“ (TWD). Bei der Versuchsanordnung wurde eine Schichtstärke der TWD von 16 mm gewählt. Zusammen mit der Luftschicht ergibt sich ein Aufbau von rund 40 mm, was im Vergleich mit üblichen Schichtstärken bei opaker Dämmung gering ist, allerdings bei einer geringeren Dämmwirkung. Um energetisch gegenüber einer üblichen Dämmschicht vorteilhaft zu sein, müsste die TWD bezüglich der Dämmwirkung an die opake Dämmung angeglichen werden. Dies bedeutet größere Schichtdicke, verbunden mit einem höheren Preis.

Fragen ergeben sich durch die Temperaturverteilung in der Wand. Während im

Winter bei entsprechender Einstrahlung die Wandtemperatur nur auf einige Grad Celsius über die Innenraumtemperatur ansteigt, ergibt sich im Sommer bei einer Wandaußentemperatur von 70°C eine erheblich größere Temperaturdifferenz innerhalb der Wand. Es ist abzuklären, inwieweit das Mauerwerk durch die Temperaturwechsel Schaden nehmen kann. Wie gezeigt werden konnte, lässt sich die Temperaturamplitude durch Hinterlüftung deutlich reduzieren. Nicht umsonst werden für Außenwände mit TWD spezifisch schwere Baustoffe mit einer geringen Dämmwirkung empfohlen. Bei bestehenden Gebäuden kann sicher davon ausgegangen werden, dass ein großer Teil aus den letzten 30 Jahren mit porosiertem Ziegel gebaut ist.

Weitere kritische Aspekte der TWD, die nicht unerwähnt bleiben sollten, treffen für alle dem Verfasser bekannten Ausführungen zu. Die der Massivwand vorgesezte Schale besteht immer aus Elementen, die zu einem Raster zusammengesetzt werden. Ein ansprechendes Aussehen lässt sich vermutlich nur erreichen, wenn Fenster- und TWD-Flächen beim Gebäudeentwurf aufeinander abgestimmt werden. Die Oberfläche einer TWD vermittelt einen völlig anderen Eindruck als eine herkömmlich verputzte Fassade. Möglicherweise kann es zu störenden Spiegelungen kommen. Nicht zu unterschätzen ist die Forderung nach einer sturmsicheren Befestigung und einer ausreichenden Brandsicherheit. Da die Wirkung der TWD erst bei direkter Sonnenbestrahlung eintritt, ist die Anwendung auf südlich orientierte Wände ohne Verschattung durch andere Gebäude beschränkt. Schließlich muss sich die TWD dem ökonomischen Vergleich mit herkömmlicher opaker Dämmung stellen.



Bild 5: Versuchswand im Sommer

Fußnoten

- 1) Die Trombe-Wand ist eine in der Solarchitektur verwendete Kombination aus einer Kollektor- und Speicherwand zur passiven Nutzung der Sonnenenergie. Die Trombe-Wand wurde von dem französischen Ingenieur Félix Trombe 1956 in Font-Romeu-Odeillo-Via entwickelt, Quelle: Wikipedia

Links: Informationen zum Thema:

- [1] www.umweltwand.de
- [2] www.capot-corp.com

ZUM AUTOR:

► Prof. Dr. Reinhard Reich lehrt im Studiengang Agrarwirtschaft das Fach Agrartechnik und hält eine Vorlesung über die Technik der Erneuerbaren Energien.

Reinhard.reich@hfwu.de

