

Jochen Rother

Anerkannter Sachverständiger KfW und BAFA (2006)

Staatl. geprüfter Techniker Fachrichtung Hochbau (1995)

Unabhängiger und Geprüfter Gebäudeenergieberater
HWK Aachen (2006)

Zulassungen:

- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)
- Deutsche Energie-Agentur (dena)

Energetische Modernisierung von Wohngebäuden



Wohngebäudesituation in Deutschland:

83 % aller Wohngebäude sind Ein- und Zweifamilienhäuser

ca. 18 Mio. Wohngebäude in Deutschland (2010)

ca. 40 Mio. Wohneinheiten in Deutschland (2010)

Alter und energetischer Standard der Wohngebäude in Deutschland:

70 % aller Wohngebäude sind vor 1978, also vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet worden.

Anteil am Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung:

Ein- und Zweifamilienhäuser ca. 65%

Mehrfamilienhäuser ca. 35%

Strompreisentwicklung 2009 - 2015

Entwicklung von Strombeschaffungskosten, EEG-Umlage und Haushaltsstrompreis

Der Haushaltsstrompreis könnte 2015 sinken, wenn Stromversorger gesunkene Beschaffungskosten an Kunden weitergeben.

Cent pro Kilowattstunde



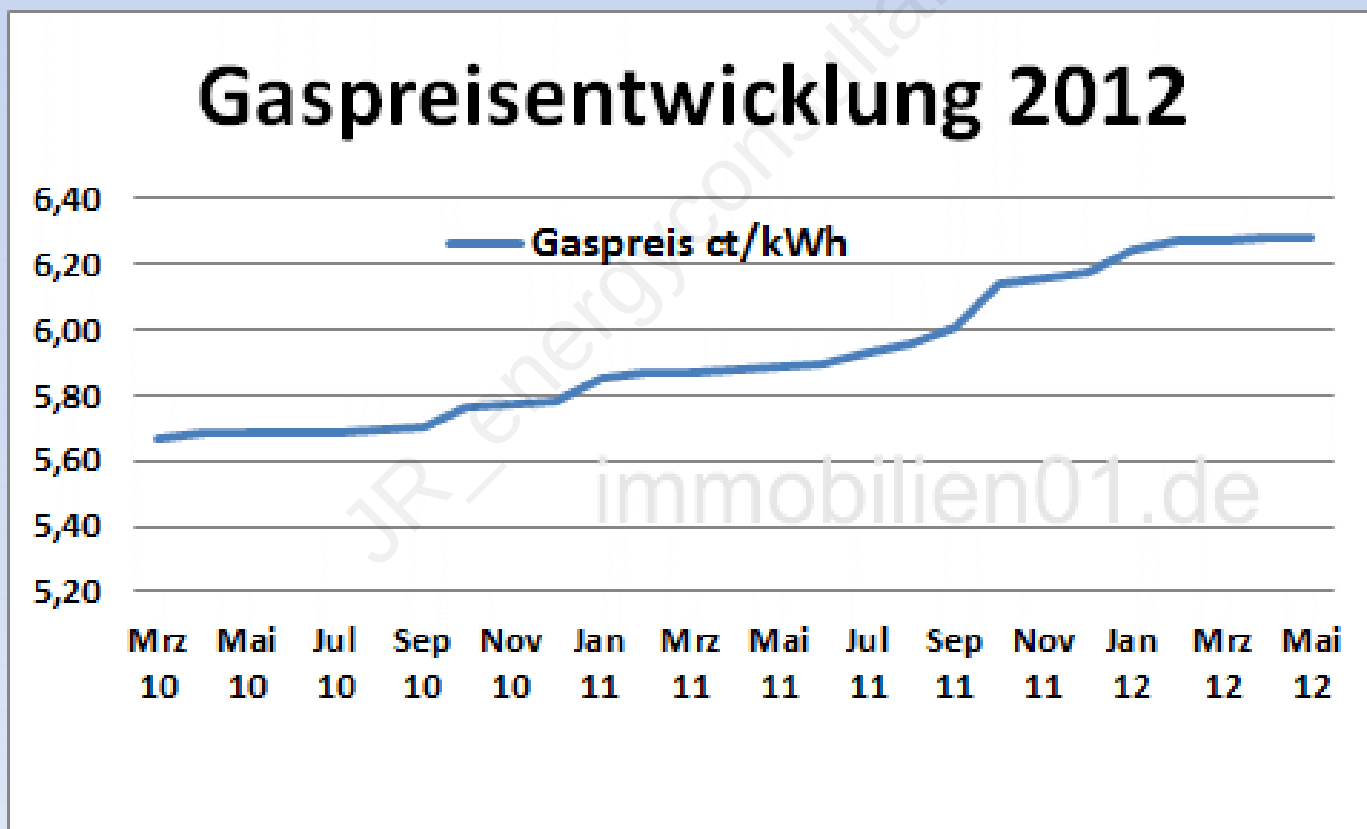
Die Angaben zu den Beschaffungskosten ergeben sich aus einer Musterrechnung für den Stromeinkauf eines Stromhändlers am Strommarkt, bewertet mit Einkaufspreis (Terminmarkt) zweier Handelsjahre vor Lieferung 2015/16 mit Terminpreisen bis 09/2014.

Quellen: ÜNB, BDEW, BNetzA, eigene Berechnungen, Stand: 10/2014

Heizölpreisentwicklung:



Gaspreisentwicklung:



Wie kann ich auf diese Situation reagieren ?

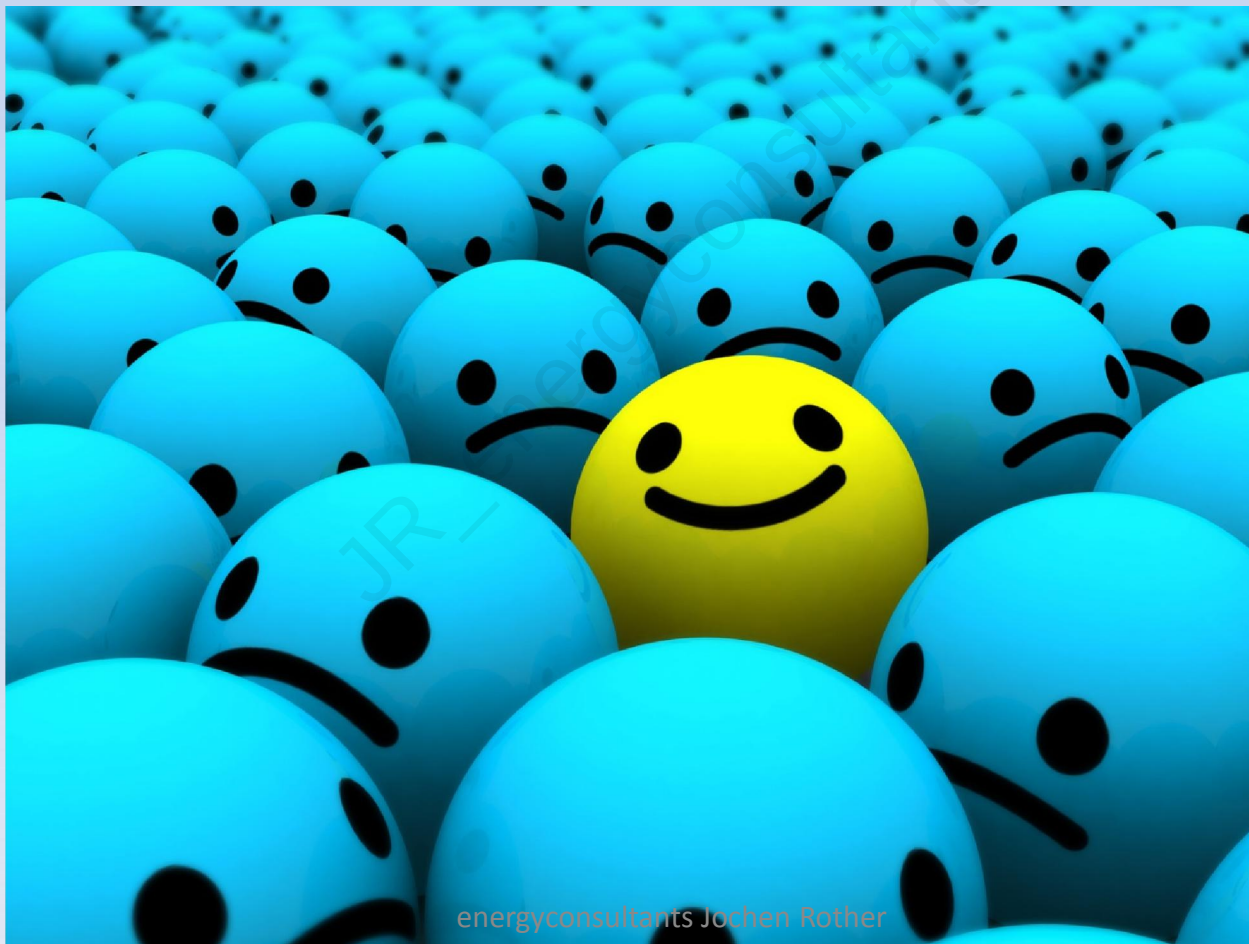
Ich ziehe um.....



Ist mir doch egal...

JR_energyconsultants

oder....ich ergreife die Initiative und handle...



...und erfasse den IST-Zustand meines Gebäudes !

Verbraucht mein Haus viel oder wenig Energie?

Wie ist das mit dem Behaglichkeitsgefühl - dem Wohnwert?

Die Messwerte der Heizung sind noch gut, ein 20 Jahre altes Auto mag auch noch einwandfrei fahren, ist aber im Vergleich zu heutigen Modellen, viel weniger effizient.

Durch welche Maßnahmen lässt sich die Wohnqualität verbessern, der Energieverbrauch senken und zudem der Wert der Immobilie steigern ?

Gebäudehülle:



Anforderungen der EnEV-2014 und der KfW

2) Gebäudebezogene Anforderungen

- Primärenergiebedarf Q_p**
- Transmissionswärmeverlust H_t**

Der **Primärenergiebedarf** (EnEV: **Q_p**) eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird (*Primärenergie*). Er beschreibt die Energieeffizienz und den ressourcenschonenden Umgang der Energienutzung. Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem **Primärenergiefaktor** (PEF, **f_p** genannt) - multipliziert.

Beispiele von Primärenergiefaktoren:

Strom f_p = 2,40

Gas f_p = 1,10

Öl f_p = 1,10

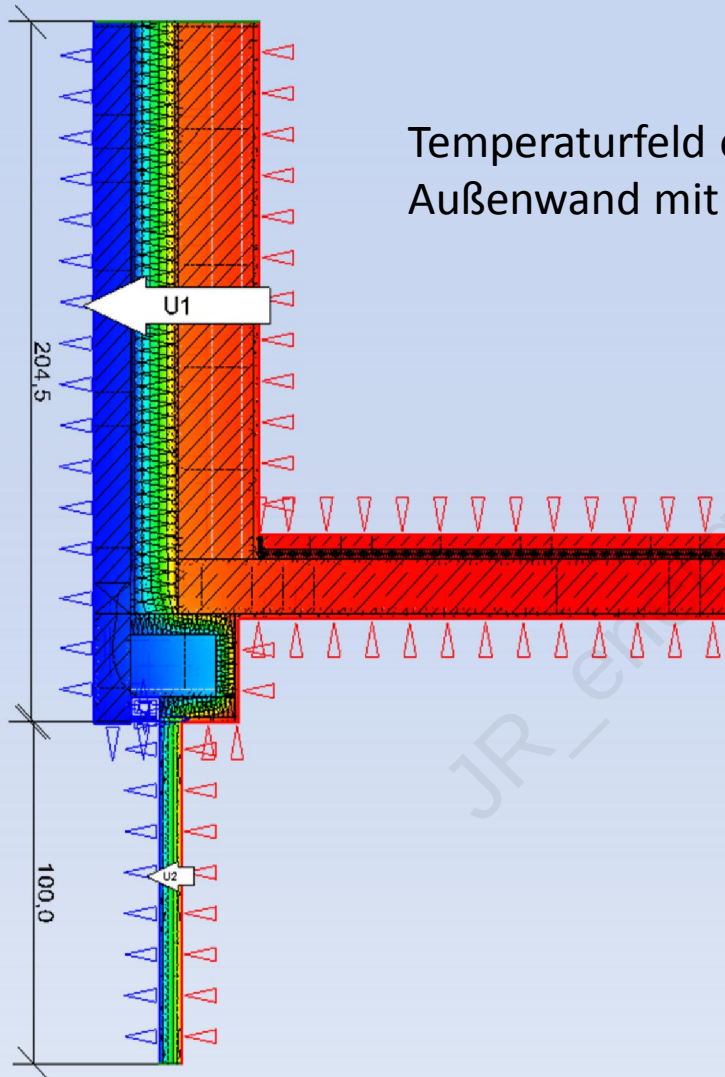
Holz f_p = 0,20

Sonne = 0,00

Der **Transmissionswärmeverlust** ist der Verlust an Wärmeenergie über die Bauteile eines Gebäudes, also beispielsweise über die Kellerdecke, das Dach oder Fenster etc.

Ein Bauteil bzw. die Schichten eines Bauteils werden über den U-Wert [$\text{W/m}^2\text{K}$] qualifiziert.

Je kleiner der U-Wert eines Stoffes bzw. eines Bauteils ist, desto kleiner ist der Wärmestromdurchgang durch das entsprechende Bauteil, kleiner U-Wert = gute Wärmedämmeigenschaften.



Temperaturfeld einer kerngedämmten Außenwand mit Rollladenkasten

Vorgehensweise im Idealfall:

Gebäudehülle zuerst !

- Außenwanddämmung
- Einbau neuer Fenster sowie Dämmung oder Einbau neuer Rollladenkästen
- Einbau einer neuen Haustür
- Dämmung der Kellerdecke
- Dämmung der Dachflächen Zwischen oder /und Aufsparrendämmung, neue Dachflächenfenster
- Dämmung der obersten Geschossdecke, Einbau einer gedämmten Bodenluke
- Ggf. Dämmung von Trennwänden zu unbeheizten Bereichen
- Minimierung der Wärmebrücken so umfassend wie möglich

Erneuerung der Anlagentechnik beispielhaft:

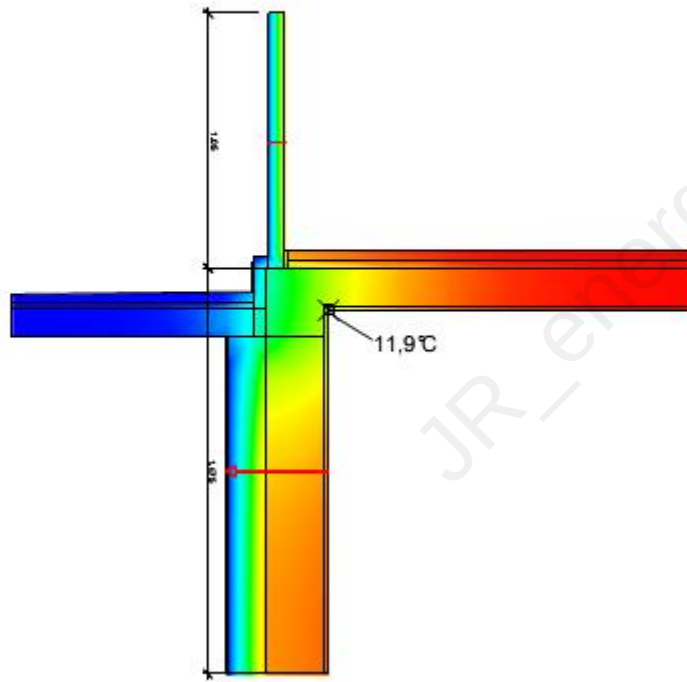
- Luft-Wasser Wärmepumpe
- Warmwasser über WP und Solaranlage
- Gas-Brennwert + Solare WW-Unterstützung
- Einsatz von Biomasse, wie Pellet- oder Scheitholzkessel etc.
- Optimierung der Übergabe und Steuerung der Anlage

Sonstige Maßnahmen:

- Minimierung der Wärmebrücken nach DIN 4108-Bbl. 2 - KO-Kriterium KfW !
- Alternativ Wärmebrückeneinzelnachweis
- Blower-Door-Test als Qualitätssicherung, dadurch ist eine Reduzierung des Faktors der Luftwechselrate im EnEV-Nachweis möglich

Was sind Wärmebrücken:

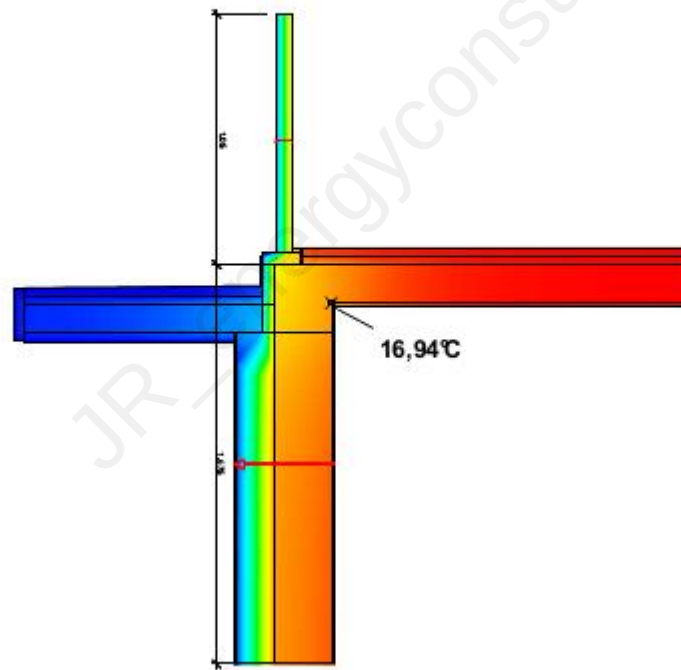
Wärmebrückendetail: Auskragende, thermisch nicht getrennte Stahlbetonplatte, Außenwand gedämmt.



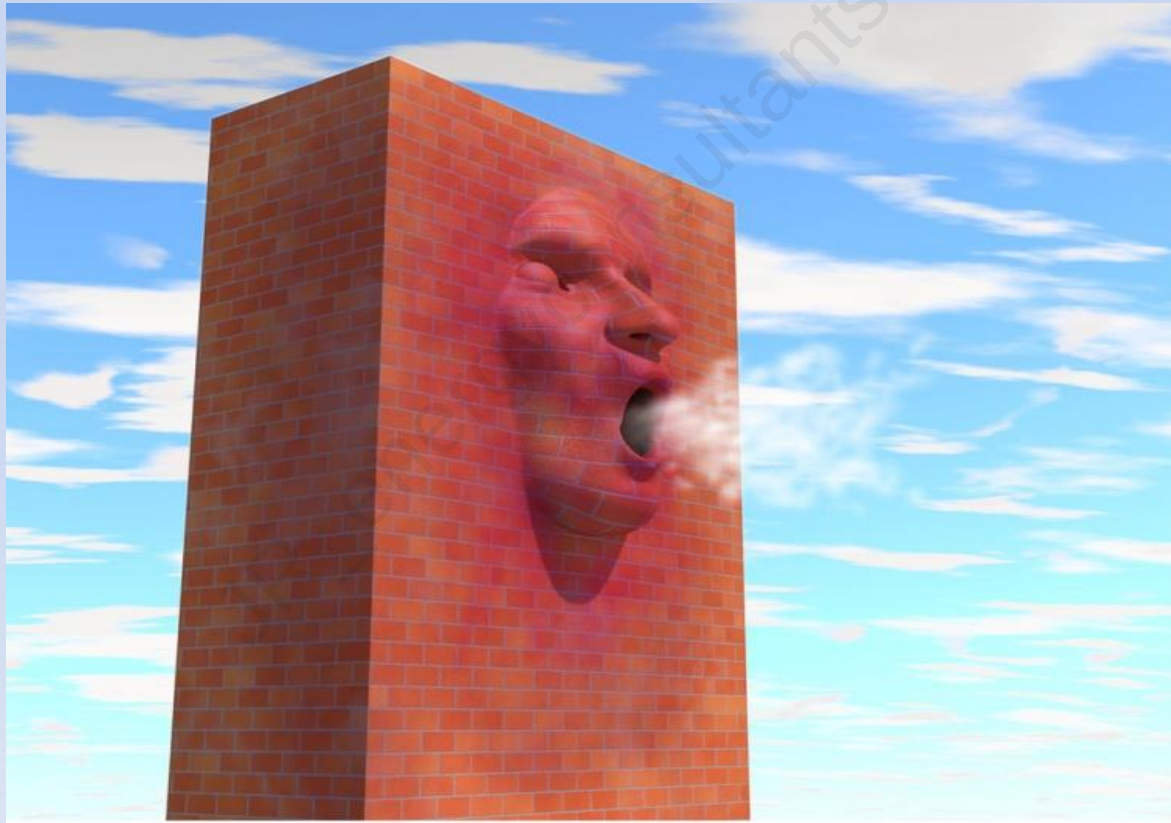
Wärmebrücken weisen eine kältere Oberflächentemperatur als die angrenzenden Flächen auf, so dass aufgrund dessen ein gesteigerter Wärmeabfluss und ein höheres Risiko der Schimmelpilzbildung besteht. Wärme fließt ab – von „warm – nach „kalt“.

Was sind Wärmebrücken:

Temperaturverlauf der gedämmten Balkonplatte
 Stirnseiten = 4cm, Unterseite = 4cm- und Oberseite = 3cm
 mit Dämmstoff der WLG 022)



Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt (Autor: Werner-Eicke-Hennig)



© Grafik: scientificdesign.de
(Autor: Werner-Eicke-Hennig)

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Legenden halten sich hartnäckig – die Mär von der atmenden Wand ist hierfür bestes Beispiel und ein Investitionshemmnis erster Güte. Da nicht zu sehen ist, was in der Wand passiert, wird viel geargwöhnt, wie einst bei Blitz und Donner. Einfache Fragen wie: Gibt es Diffusionsschäden und wo sind sie dokumentiert, warum finde ich keine Bildbelege darüber, wie nass darf eine Wand eigentlich werden – sie werden meistens einfach nicht gestellt.

Höchste Zeit für bauphysikalische Aufklärung.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Schon seit der Genesis funktioniert sie nicht:

Die „Atmung“ der Wände. Die Bibel berichtet im 3. Buch Mose im Vers „Vom Aussatz der Häuser“ über Schimmel in einem Steinhaus. Auf dessen Wänden, in den kalten Wüstennächten bis nach innen ausgekühlt, schlug sich der von Leprakranken ausgeschwitzte Wasserdampf im Lehmputz nieder und bot dem Schimmel eine Lebensgrundlage.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Hierzulande sorgten in früher Zeit grasgedämmte Flechtwerkwände und die Holzbauweise mit U-Werten um 0,5 bis 0,7 W/(m²K) eher für warme Wände im Winter. Jedoch löste der Massivbau ab 1850 in einem epochalen Wandel die Holzbauweise ab und etablierte den Vollziegel als vorherrschende Wandbauweise.

Der verschlechterte Wärmeschutz erzeugte nun Schimmel in den Häusern, genau so wie im biblischen Steinhaus. Die „Wohnungs-Untersuchung“ – organisiert von der Berliner Ortskrankenkasse der Kaufleute, Handelsleute und Apotheker – berichtete immer wieder über die katastrophalen Wohnungszustände, die damals als eine der Hauptursachen für Krankheiten galten.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Ab 1945 wurde das Schimmelproblem durch die Mauerwerk-Beton-Mischbauweise noch verstärkt. Betonwärmebrücken kühlen im Winter besonders stark aus. Die Bundesregierung reagierte 1957 mit Film und Broschüre und bemühte sich um Aufklärung. „Wärmeschutz aber richtig“ hieß der irreführende Titel, „Massivbau, aber richtig“ wäre treffender gewesen.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Massive Wände benötigen Dämmung

Die Energiekrise forderte ab 1974 objektiv das energiesparende Bauen ein. Der schlechte Wärmeschutz des Massivbaus wurde als Problem erkannt. Es begann ein neuerlicher Wandel von der Massiv- zur Dämmbauweise. Das blieb nicht ohne Gegenwehr. Die alte These von der „Atmung der Wände“ wurde wiederbelebt und traf auf offene Ohren. Denn viele Hauseigentümer hatten nach 1974 als einzige Energiesparmaßnahme Isolierglasfenster in ihre ungedämmten Altbauten eingebaut.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Massive Wände benötigen Dämmung

Die in der Folge erhöhte Luftfeuchte traf auf kalte Altbauwände. Ein externer Schuldiger musste her: „Dämmung mache die Häuser zu dicht und lasse die Raumlufteuchte nicht mehr raus“, meinten Hauseigentümer und Fachwelt. Mittelalterliche Mythen trafen auf moderne Technik. Die Kritiker übersahen: Gedämmte Wände waren an den Schimmelfällen nicht beteiligt. Ganz im Gegenteil wucherte der Schimmel auf ungedämmten Wänden mit schlechtem Wärmeschutz.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Massive Wände benötigen Dämmung

Aber der Kampf des Alten gegen das Neue konnte auf die Wahrheit keine Rücksicht nehmen. Die Dämmung von Dächern oder Kellerdecken interessierte kaum. Kritik wurde vor allem am WDVS festgemacht, da es die augenfälligste Energiespartechnik war. Die wahren Verhältnisse stellte man auf den Kopf. Aber was passiert nun wirklich bei der Außenwanddämmung? Nachfolgend eine kurze und einprägsame Zusammenfassung:

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 1: äußerer Feuchteschutz

Die Wand trocknet aus, denn der Regen wird durch die Dämmung von der Wand abgehalten. Regen ist die größte Feuchtebelastung für die Außenwand. 400 bis 1600 Liter Regen pro Quadratmeter und Jahr müssen abgeleitet werden. Jedes Regenereignis erzeugt über Tage oder Wochen typische horizontale Feuchteprofile in der Wand. Schlagregen dringt bis zu 15 cm tief in geputzte Wände ein. Das verschlechtert auch deren Wärmeschutz. Eine Außenwanddämmung legt die Wand - bei korrekter Ausführung - für immer trocken.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 2: uneingeschränkte Sorption / Adsorption (Anreicherung-Aufnahme)

Die Raumluftheuchte wird in großen Mengen durch Sorption in unseren Baumaterialien eingelagert. Das begrenzt die relative Luftfeuchte im Haus und verhindert Feuchtespitzen. Bei einem Sorptionsvorgang nehmen hygroskopische (Stoffe nehmen Feuchte auf / entziehen Feuchte) Baustoffe erhöhte Feuchte (Wasserdampf) aus der Raumlufte auf, lagern diese oberflächennah ein und geben sie später auch wieder in den Raum ab.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 2: uneingeschränkte Sorption / Adsorption (Anreicherung-Aufnahme)

Das Porenvolumen unserer Baustoffe ist enorm. In einem 14 m² großen und 2,55 m hohen Raum, dessen Wand- und Deckenoberflächen verputzt oder mit Gipskartonplatten verkleidet sind, können bei ansteigender Raumluchtfeuchte pro Stunde 600 bis 800 Gramm Wasserdampf über Sorption gespeichert werden. Das ist weit mehr als normalerweise im Haus freigesetzt wird. An der Sorption sind nur die ersten ein bis zwei Millimeter aller innenliegenden Bauteilschichten beteiligt. Daran ändern weder eine Außen- noch eine Innendämmung etwas.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 3: höhere Wandtemperaturen innen

Eine Dämmung reduziert das Auskühlen der Wand, sie bleibt auch bei Frost innen warm. Auf der Raumseite der Bauteile schlägt sich im Winter ab etwa 12 °C Oberflächentemperatur Tauwasser aus der Raumluft nieder. Schimmelsporen nutzen das Tauwasser zum Wachstum. Wo im ungedämmten Zustand bei –10 °C Außentemperatur kühle 7 bis 14 °C auf der Innenoberfläche der Wände herrschen, sind es nach dem Aufbringen zum Beispiel einer zwölf Zentimeter dicken Dämmung behagliche 16 bis 19 °C. Bei einer gedämmten Außenwand besteht Schimmelgefahr erst ab 75 % rel. Luftfeuchte im Raum. Unabhängig davon stellt sich in einem gedämmten Haus ein behaglicheres Raumklima ein.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 4: kein Tauwasserausfall mehr

Dämmung beseitigt Tauwasserausfall in der Wand. Die bis 1952 übliche 38 cm dicke Vollziegelwand weist im ungedämmten Zustand in der Tauperiode nach DIN 4108 rechnerisch rund 232 Gramm Tauwasser pro m² auf. Dämmt man diese Wand außen mit Styropor ($\mu = 30$, Anmerkung: Alle Materialien haben die Fähigkeit, die Diffusion zu bremsen. Bei gasförmigem H₂O heißt diese Materialeigenschaft: Wasserdiffusionswiderstandszahl μ -Wert ((Mü-Wert))), so sinkt die Tauwassermenge ab 10 cm Dämmdicke auf Null. Dies ist in der Praxis so erfolgreich, dass die DIN 4108 Wände mit WDVS von der Tauwasserberechnung freistellt.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 4: kein Tauwasserausfall mehr

Dieselbe Norm sagt uns auch, dass Dämmung die Wände nicht dichtmacht. Eine Polystyrolämmplatte ist nach den in der DIN 4108-4 aufgelisteten Messwerten so wenig diffusionshemmend wie Weichholz (μ 30). Harthölzer sind dichter (μ 200), und es gibt auch Dämmstoffe, die so dampfdurchlässig wie Luft sind (μ 1). Dass sowohl Laien als auch so mancher erfahrene Planer diesbezüglich etwas anderes erwarten, fußt auf einem falschen Verständnis des „Glaser-Verfahrens“ der DIN 4108: Die zur Berechnung herangezogene Hilfsgröße „Dampfdruck“ wird fälschlich als Antriebskraft der Wassermoleküle begriffen.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Wirkung 4: kein Tauwasserausfall mehr

Der Dampfdruck ist aber nur die Resultierende aus der temperaturabhängigen molekularen Eigenbewegung der Wassermoleküle. Das falsche Bild vom „Dampfdruck“ schuf beim WDVS mit Polystyrol die Vorstellung, eine äußere dampfdichte Dämmplatte hindere einen „Druckausgleich“ nach außen. Die Realität: Die Wassermoleküle müssen warm bleiben, um sich nicht mit ihren Dipolen (Anmerkung: Verschiebung des Ladungsgleichgewichts in den Atomen) zu Flüssigwasser zu verketteten. Und warm bleibt es in einer gedämmten Wand.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Immer wieder überschätzt: die Diffusion

Die Diffusion ist kein nennenswerter Trocknungs-mechanismus, denn dieser Vorgang geht sehr, sehr langsam vonstatten. Aus der Trocknung von Baustoffen ist bekannt: Wenn Feuchte nicht mehr durch die Kapillaren an die Wandoberfläche gesaugt wird, sondern nach einiger Trocknungszeit der Diffusionsmechanismus diese Aufgabe übernehmen muss, sinkt die Trocknungsgeschwindigkeit enorm.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Immer wieder überschätzt: die Diffusion

Auch die transportierten Feuchtemengen sind sehr klein: Durch eine 38 cm dicke Vollziegelwand (ohne Anstriche) diffundieren bei -10 °C Außentemperatur nur $0,233\text{ g pro m}^2$ und Stunde oder 6 g täglich ; bei 0 °C sind es nur noch 4 g pro m^2 und Tag und bei den für die Heizperiode monatelang typischen $6\text{ bis }8\text{ °C}$ nur noch 2 g pro m^2 und Tag. Berücksichtigt man noch die inneren Anstrichfilme sind es rund 50% weniger.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Immer wieder überschätzt: die Diffusion

Schon 1957 hatte Cammerer darauf hingewiesen, dass sich auf Wänden mit Mindestwärmeschutz das etwa 120-fache, nämlich 37 g Tauwasserausfall pro m² und Stunde, als Kondensat auf der kalten Wandinnenoberfläche ergeben. Diese, dem schlechten Wärmeschutz geschuldete Tauwassermenge wird nur zu einem Prozent per Diffusion durch die Wand abgeführt. Eine nennenswerte Entfeuchtungsleistung ist das nicht.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

Immer wieder überschätzt: die Diffusion

Für den Wohnungsschimmel wird fälschlicherweise noch heute die Wärmedämmung verantwortlich gemacht. Die wirkliche Ursache lag und liegt im mangelnden Wärmeschutz der Außenwände und Wärmebrücken: Warme Wände verhindern Feuchteschäden, und Dämmung hält Wände innen warm. Schon 1948 schrieb Leopold Sautter: „Wandatmung ist ein Irrtum“.

Das gilt auch noch heute.

Autor:

Werner-Eicke-Hennig, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt, mit kleinen Ergänzungen / Berechnungen von Jochen Rother.

Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

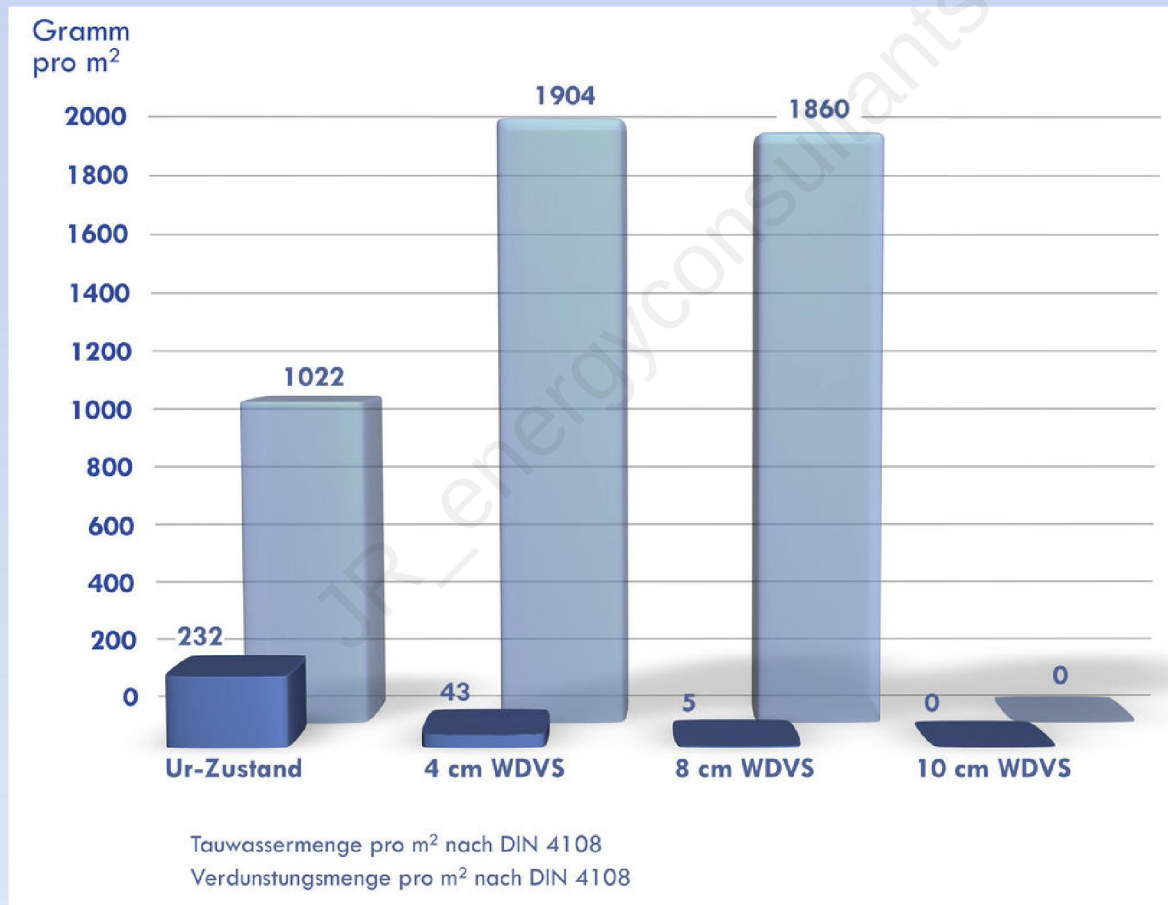
Der Wärmeschutz der Wand wurde erst 1995 wieder erreicht.

Temperatur der Wandinnen-
seite bei -10°C Außenluft
und 20°C Raumtemperatur

U-Werte in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$



Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt



Die atmende Wand – ein Irrtum und seine Aufklärung Legenden versus Fortschritt

