

Bild 1: Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz.

Abbildungen: Prof. Dr. Martin H. Spitzner

Sommerlicher Wärmeschutz

Den sommerlichen Temperaturverlauf realitätsnah bewerten

Die Klimaerwärmung führt auf lange Sicht zu heißeren Sommern. Dieser Beitrag beschreibt die Komplexität einer realitätsnahen Bewertung des sommerlichen Temperaturverlaufs in einem Raum, diskutiert die mathematische Vereinfachung des Bauteilverfahrens nach Heindl, und untersucht die Relevanz des Dämmniveaus einer Holzdachkonstruktion für den Energieeintrag in die Raumluft.

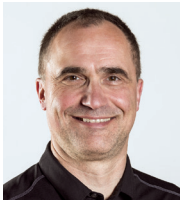
Temperaturanstieg und häufiger werdende Hitzewellen beeinflussen in zunehmendem Maß die Gebäudeplanung und -technik. Wesentliche Aufgabe des sommerlichen Wärmeschutzes ist es, starke Wärmeeinträge in das Gebäude zu verhindern, damit es auch ohne Klimaanlage behaglich bleibt.

Wichtige Einflussfaktoren

Der sommerliche Temperaturverlauf in einem Raum hängt ab von

- der solaren Zustrahlung auf das Fenster
- der Größe, Anzahl, Orientierung und dem Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster in einem Raum

- der Effizienz und Nutzungsdauer eines Sonnenschutzes
- dem Eintrag warmer Außenluft tagsüber
- der nächtlichen Abkühlung des Raumes durch Lüften
- der inneren Abwärme im Raum durch Personen, Geräte oder Beleuchtung



„Die Sonneneinstrahlung durch die Fenster stellt die größte Belastung für den sommerlichen Hitzeschutz dar.“

Prof. Dr. Martin H. Spitzner

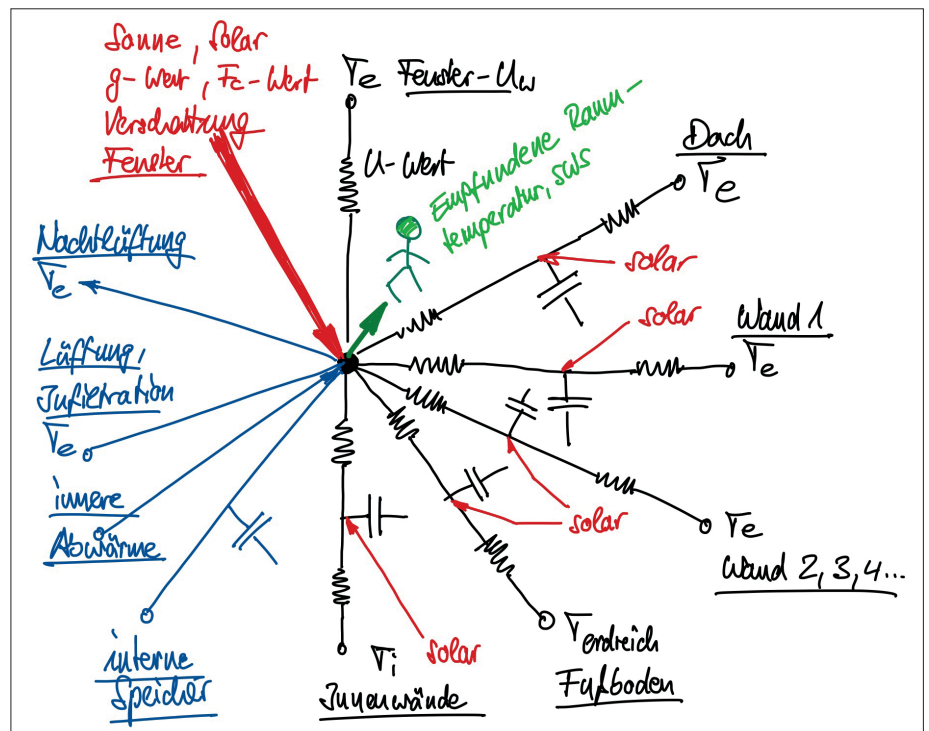


Bild 2: Prinzip-„Schaltbild“ der Einflussgrößen auf die empfundene Raumtemperatur unter außenseitiger Hitzeeinwirkung und der Energiepfade, bestehend aus Temperaturknoten, Wärmedurchgangswiderständen und Wärmespeichereigenschaften. T_e = Außenlufttemperatur, T_i = Innenlufttemperatur.

Die Wärmeübertragung ist ein instationärer Vorgang, hervorgerufen durch zeitlich versetzte Temperaturschwankungen. Ändert sich die Temperatur der Bauteiloberfläche, dringt die Temperaturveränderung zeitverzögert und gebremst in das Bauteil ein, abhängig von Wärmeleitfähigkeit, Dichte und Material der einzelnen Konstruktionsschichten. Wichtig ist bei schwankendem Energieeintrag in den Raum – z. B. Solarstrahlung durch Fenster –, ob diese Energie im Raum gepuffert werden kann. Dann steigt die Temperatur im Raum langsamer an. Bei Temperaturschwankungen im Tagesrhythmus beträgt die maximale Eindringtiefe der Energiewelle aus der Innenraumluft in die Bauteile etwa 10 Zentimeter bei Massivbaustoffen und etwa 5 cm bei Dämmstoffen, jeweils von der Bauteilinnenoberfläche aus. Weiter außen, oder hinter Dämmstoffen liegende Schichten sind bauphysikalisch vom Raum abgekoppelt und können nicht mehr beim Puffern helfen. Ist ein Dämmstoff raumseitig durch Putz oder eine Beplankung abgedeckt, spielt die Pufferwirkung des Dämmstoffs im Vergleich zu jener der Abdeckung praktisch keine Rolle mehr. Als kurzfristige Wärmespeicher wirken nach DIN EN

ISO 13786 nur die Schichten innerhalb der Eindringtiefe, und dort nur Schichten raumseitig von Wärmedämmung. Bei einer wärmedämmten Holzdachkonstruktion ist das typischerweise nur die innere Bekleidung, z. B. Gipskartonplatten oder Beplankung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine gute Dämmwirkung der Bauteile und möglichst schwere, gut puffernde Wärmespeichermassen wie z. B. massive Fußbodenaufbauten oder Innenwände aus Beton oder Mauerwerk, die den Innenraum direkt umgeben, den sommerlichen Temperaturanstieg begrenzen, wenn eine ausreichende Verschattung der Fenster und gute Nachtlüftungsmöglichkeiten vorhanden sind.

**Einfaches Bauteilverfahren kann erleb-
bare Raumtemperaturen nicht bewerten**

In den 1960er-Jahren bestand der Wunsch, den sommerlichen Wärmeschutz trotz seiner Komplexität durch ein einfaches Bauteilverfahren beschreiben zu können. Das von Dr. Walter Heindl entwickelte Heindl-Verfahren basiert auf mathematischen Vereinfachungen der

komplexen Wärmeleitungs- Differentialgleichungssysteme.

- Alle Materialeigenschaften werden als konstant angesetzt.
- Auf der Bauteilaußenseite wird nicht die Außenlufttemperatur angesetzt, sondern die Außenoberflächentemperatur.
- Solare Zustrahlung, langwellige Abstrahlung oder konvektive Wärmeabgabe an die Außenluft werden nicht berücksichtigt. Die angesetzte Temperaturerhöhung der Außenoberfläche kann sich damit nur nach innen verbreiten.
- An der Innenoberfläche gibt es keine Wärmeabgabe an die Raumluft und an andere Innenoberflächen. Die Innenoberfläche heizt sozusagen auf, ohne sich an den Raum abkühlen zu können. Wärme, die von außen durch das Bauteil gelangt, führt deshalb rechnerisch zu unrealistisch überhöhten Innenoberflächentemperaturen.

Durch die Implementierung des Heindl-Verfahrens in zwei handelsübliche Computerprogramme zur wärmeschutztechnischen Bauteilberechnung wird bis heute über eine bauteilbezogene Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes diskutiert. Bauteilbezogene Kenngrößen

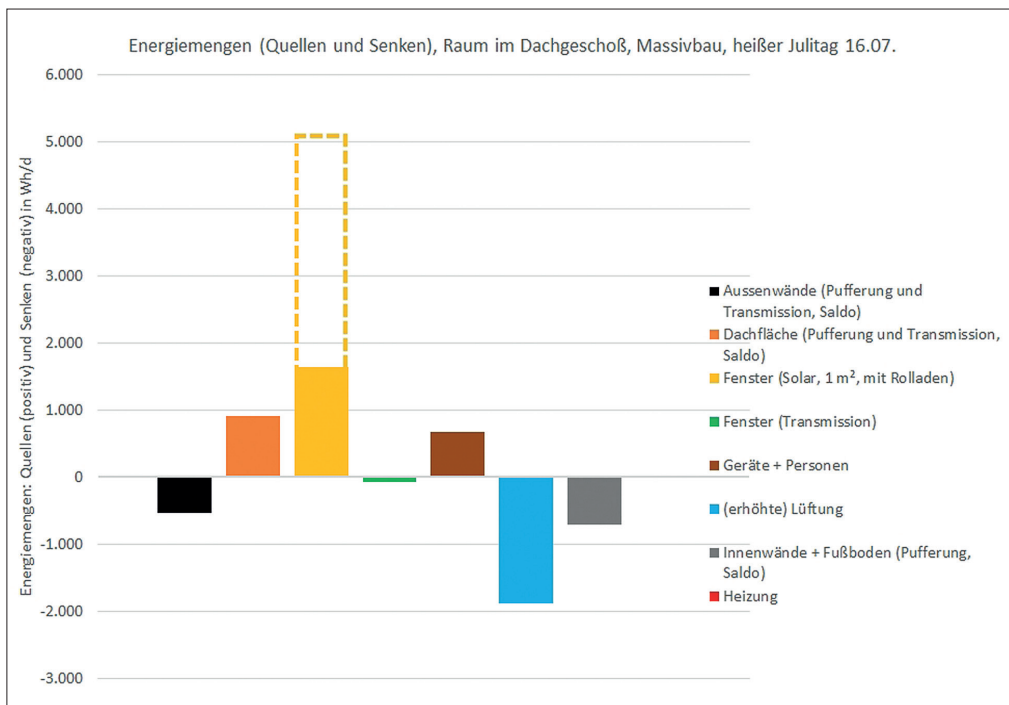


Bild 3: Energiemengen (Quellen und Senken) durch die Innenoberflächen der Bauteile, aufsummiert über 24 Stunden von 06:00 bis 06:00 des Folgetags. Beispiel: 15 m² großer Raum im Dachgeschoß, Massivbau, Steildach und Dachflächenfenster nach Süden orientiert, Rollläden. Vorzeichen: positiv = in den Raum hinein. Gestrichelt = Fenster ohne Rollläden.

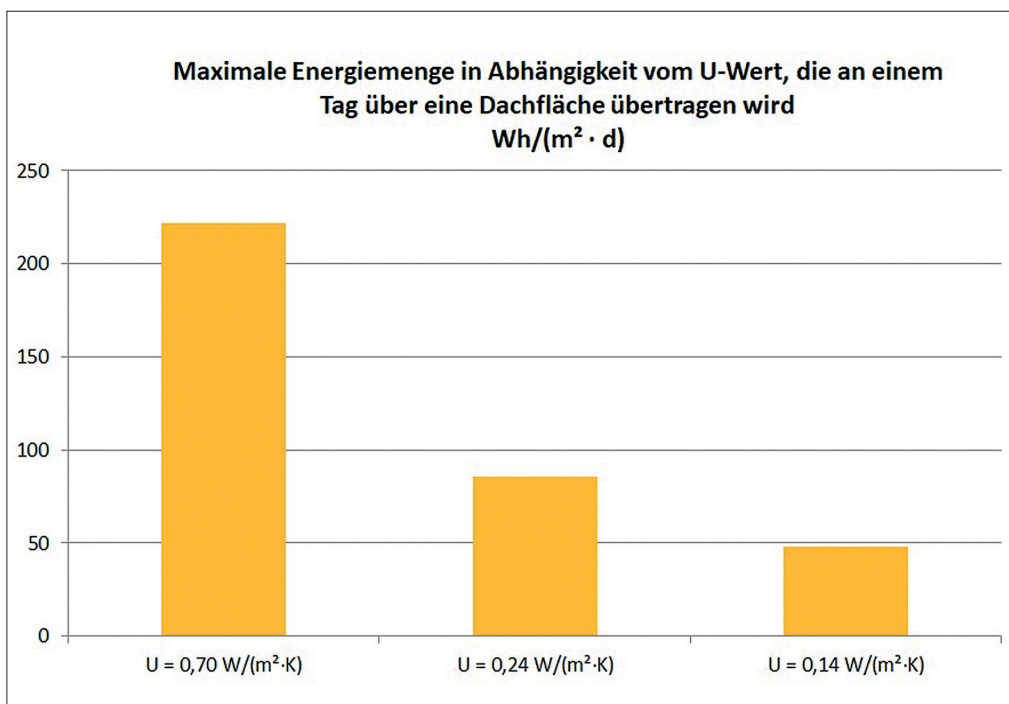


Bild 4: Höchste 24-Stunden-Summe der Energieabgabe von der Dachinnenoberfläche an die Innenraumluft innerhalb der heißen Woche 16.07.-22.07., Dachaufbau mit U-Werten 0,7 bzw. 0,24 bzw. 0,14 W/(m²·K), Dachfläche mit 30° Neigung, nicht verschattet, nach Süden ausgerichtet, Aufsparrendämmung mit Ziegeleindeckung und Hinterlüftung. Die Innenlufttemperatur in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur liegt zwischen 20°C und 25°C, gemäß DIN EN 15026. Die Ergebnisse beziehen sich auf den Gebäudestandort Potsdam, inkl. Sonnenscheinintensität und Sonnenscheindauer in Stundenschritten anhand des Testreferenzjahres 2011 des DWD (korrespondierend zu DIN 4108-2: 2013-02).

wie das Temperaturamplitudenverhältnis TAV, die Temperaturamplitudendämpfung TAD und die Phasenverschiebung sind bei einer nach heutigem Standard gedämmten Gebäudehülle vernachlässigbar, sobald der Innenraum Fenster und innere Wärmequellen aufweist.

Die mathematische Vereinfachung nach Heindl stellt einen theoretischen, praxisfernen Fall dar, der zu Berechnungsergebnissen führt, die deutlich von der erlebbaren Praxis abweichen. Maßgebliche Einflussfaktoren des sommerlichen Wärmeschutzes wie Raumlüftung, Ausrichtung, Größe und Art der Fenster

sowie Sonnenschutzvorrichtungen und deren Wirkung, interne Wärmequellen, speicherfähige Massen der Gebäudeinnenbauteile oder raumseitige speicherfähige Massen der raumumschließenden opaken Bauteile bleiben im Heindl-Verfahren unberücksichtigt.

Dynamische Berechnung eines sommerlichen Temperaturverlaufs im Raum

Weil Dach und Wand heutzutage wesentlich besser gedämmt sind als in den 1960er-Jahren, kommt heute deutlich weniger Energie durch die opaken Bauteile. Gleichzeitig sind heute die Fensterflächen größer und damit auch der Energieeintrag durch die Fenster. In Summe dringt heute nur noch ein kleiner Anteil des Gesamtwärmeeintrags durch die opaken Bauteile. Demzufolge ist der exakte zeitliche Verlauf dieses Energieeintrags für die Behaglichkeit im Raum auch unerheblich.

Bild 3 zeigt die Energiemengen als Quellen und Senken aus Sicht der Raumtemperatur. Die Innenoberflächen der umgebenden opaken Bauteile wirken abhängig von ihrer Temperatur als Wärmequellen oder Wärmesenken. Der solare Energieeintrag durch die Fenster und die Energiefreisetzung durch innere Abwärme von Personen und Raumausstattung stellen dagegen immer Wärmequellen dar.

Das Beispiel zeigt, dass die Innenoberflächen der Außen- und Innenwände an diesem Tag dem Raum unter dem Strich Wärme entziehen. Die so in den Bauteilen gespeicherte Energie muss nach der Hitzeperiode wieder abgeführt werden. Deutlich erkennbar ist der große Beitrag der erhöhten Nachtlüftung zur Wärmeabfuhr aus dem Raum. Die solaren Gewinne durch das Glas des Fensters werden im Beispiel von 09:00 bis 18:00 Uhr durch einen außenliegende Rollläden begrenzt. Zum Vergleich: Wäre dieser Rollläden tagsüber offen, ergäbe sich der gestrichelte Solarenergieeintrag.

Die Höhe des Dämmniveaus beeinflusst den Energieeintrag in die Raumluft

Um das Temperaturverhalten einer Holzdachkonstruktion ohne die realitätsfernen Annahmen des Heindl-Verfahrens nachzubilden, wurden dynamische Bauteilsimulationen für Dachaufbauten mit verschiedenen Dämmmaterialien (PU, Mineralwolle und Holzfaser) durchgeführt. Verglichen wird der gesamte Energieeintrag durch die Innenoberfläche der opaken Dachfläche in die Innen-

raumluft, d. h. die Netto-Summe aus der Wärmeleitung durch das Dach (inklusive Besonnung der Dachoberfläche) und den Wärmeein- und Wärmeaussechvorgängen an der Innenseite des Daches im Tagesverlauf, pro m^2 Dachfläche.

Die Bauteilsimulation zeigt, dass ein guter winterlicher Wärmeschutz auch im Sommer wirkt. Im Gegensatz zum Dämmniveau, spielt das Material der Dämmung so gut wie keine Rolle. Die Energieabgabe des Daches mit dem Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ist nur halb so hoch wie das Vergleichsdach mit $U\text{-Wert} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Eine realitätsnahe Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes kann sich immer nur auf den gesamten Innenraum inklusive aller Energiepfade und Einflussfaktoren beziehen. Die Sonneneinstrahlung durch die Fenster stellt die größte Belastung für den sommerlichen Hitzeschutz dar. Deshalb kann der sommerliche Temperaturverlauf eines Raumes auch nicht anhand der Bewertung einzelner opaker Bauteile beurteilt werden.

Prof. Dr. Martin H. Spitzner

Kurzinfo

Der Autor hat die Professur Baustoffkunde, Bauphysik, Baukonstruktion an der HBC Hochschule Biberach a. d. Riß inne.

Der Artikel basiert auf dem Untersuchungsbericht „Bewertung unterschiedlicher Dachkonstruktionen hinsichtlich des sommerlichen Wärmeeintrags“ im Auftrag des IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V. und des FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e. V., April 2021.

Creating complete solutions

Langlebige Isolierglasfenster für ein gesundes Zuhause

Abstandhalter im Scheibenzwischenraum von Doppel- oder Mehrfachverglasungen entscheiden über die Leistung und die Lebensdauer Ihrer Isolierglasfenster.

Thermisch optimierte Abstandhalter aus Kunststoff bieten Ihnen im Vergleich zu Abstandhaltern aus Metall wichtige Vorteile:

- Geringe Wärmeleitung spart Energiekosten und vermeidet Schimmelpilz
- Lange Lebensdauer auch bei intensiver UV-Strahlung, Hitze und Kälte
- Ansprechende Optik in der Farbe Ihrer Wahl, statt "Metall-Look"

Fragen Sie Ihren Planer oder Fensterbauer nach Abstandhaltern aus Kunststoff von Technoform!

Qualität zahlt sich aus.

www.technoform.com

Lösungen für den thermisch optimierten Glasrandbereich