



Gut zu wissen...

Sommerlicher Wärmeschutz

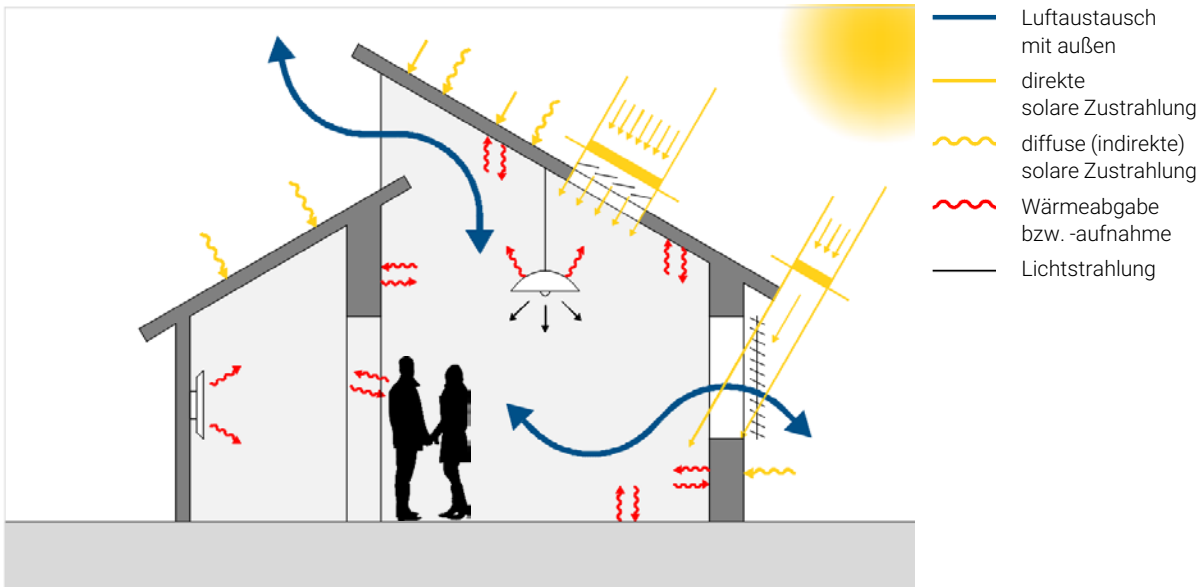
Realitätsnahe Bewertung der Wärmeeinträge über geneigte Dachflächen

Die globale Klimaerwärmung führt bereits heute zu spürbar heißeren Sommern. Dem sommerlichen Wärmeschutz kommt damit eine zunehmende Bedeutung zu: Sein Ziel ist es, eine länger andauernde Überwärmung der Innenräume zu verhindern und deren Behaglichkeit auch ohne den energieintensiven Einsatz von Klimaanlage aufrecht zu erhalten.

Ein durch Prof. Dr. Martin H. Spitzner veröffentlichter Fachartikel¹⁾ hat kürzlich das Thema auf der Grundlage einer Forschungsarbeit neu beleuchtet: Er erklärt sehr anschaulich die Komplexität einer realitätsnahen Bewertung des sommerlichen Temperaturverlaufs in einem Raum, diskutiert die mathematischen und systematischen Vereinfachungen des Bauteilverfahrens nach Heindl und untersucht die Relevanz des Dämmniveaus einer Holzdachkonstruktion für den Energieeintrag in die Raumluft.

Auch wenn uns einfache Antworten lieber wären - die Auswirkungen sommerlicher Hitzeperioden auf das Raumklima sind nicht mit simplen Formeln zu beschreiben und schon gar nicht auf einen einzigen

Parameter zu reduzieren. Der Temperaturverlauf im Gebäudeinneren wird vielmehr durch zahlreiche, komplex zusammenwirkende Einflüsse bestimmt:



Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz

- ▶ Wärmeeinträge durch die Fenster, beeinflusst durch
 - | Größe, Anzahl und Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster
 - | solare Zustrahlung (Orientierung, Verschattung durch andere Bauteile)
 - | Effizienz und Nutzungsdauer des Sonnenschutzes
- ▶ nächtliche Abkühlung des Raumes durch Lüften in Verbindung mit
- ▶ Wärmespeicherfähigkeit der raumseitigen Bauteilschichten
- ▶ Wärmequellen im Innenraum wie Personen, Geräte oder Beleuchtung
- ▶ Wärmedurchgang durch geschlossene (opake) Bauteile

Temperaturpufferung durch Speichermassen

Die Temperatureinträge schwanken über den Tagesverlauf eines Sommertages hinweg. Damit sind auch die Wärmeaustauschvorgänge im Raum ständig in Bewegung: Ändert sich die Oberflächentemperatur eines Bauteils, dringt die Temperaturänderung zeitverzögert und gebremst in das Bauteil ein. Dabei spielen die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmespeicherfähigkeit der Materialien eine entscheidende Rolle: Je schwerer der Baustoff, umso mehr Energie ist für dessen Erwärmung nötig – und umso mehr Energie kann in ihm gespeichert werden.

Je geringer die Wärmeleitfähigkeit, umso langsamer findet der Wärmeaustausch statt. Eine schwere und gut wärmeleitende Bauteilschicht kann der Raumluft Energie entziehen – die Temperatur im Raum steigt langsamer an, Temperaturspitzen werden abgepuffert.

Entscheidend sind dabei die ersten Zentimeter: Bei Temperaturschwankungen im Tagesrhythmus dringt die Energiewelle aus der Innenraumluft in massive Baustoffe nur etwa 10 cm ein, bei Dämmstoffen sind es maximal 5 cm. Nach DIN EN ISO 13786 wirken nur die Schichten innerhalb der Eindringtiefe als kurzfristiger Wärmespeicher, und auch nur die Schichten raumseitig einer Wärmedämmung. Weiter außen oder hinter Dämmstoffen liegende Schichten sind bauphysikalisch vom Raum abgekoppelt, und tragen nicht mehr zur Pufferung bei. Auch die Pufferwirkung von Dämmschichten hinter Bekleidungen spielt praktisch keine Rolle.

Für wärmegeämmte Dachkonstruktionen aus Holz bedeutet das: Als Puffer wirksam ist praktisch nur die innere Verkleidung, z. B. mit Gipskartonplatten. Je schwerer diese ausgeführt wird, umso besser – aufgrund der geringen Materialstärke ist die Wirksamkeit der Pufferung aber begrenzt. Für die Wärmespeicherung besser geeignet sind in der Regel massive Bauteile mit hoher Masse und von innen aktivierbarer Oberfläche, z. B. Zementestriche oder massive Innenwände.

Kein Temperaturpuffer ohne Nachtauskühlung

Voraussetzung für die Temperaturpufferung ist die Aktivierung des Speichers: Je kühler die Bauteilmassen, umso mehr Energie können sie der Raumluft entziehen. Es bietet sich an, die kühlere Nachtluft durch intensives Lüften zur Abkühlung der Bauteile einzusetzen.

60er Jahre-Bauteilverfahren mit unrealistischen Ergebnissen

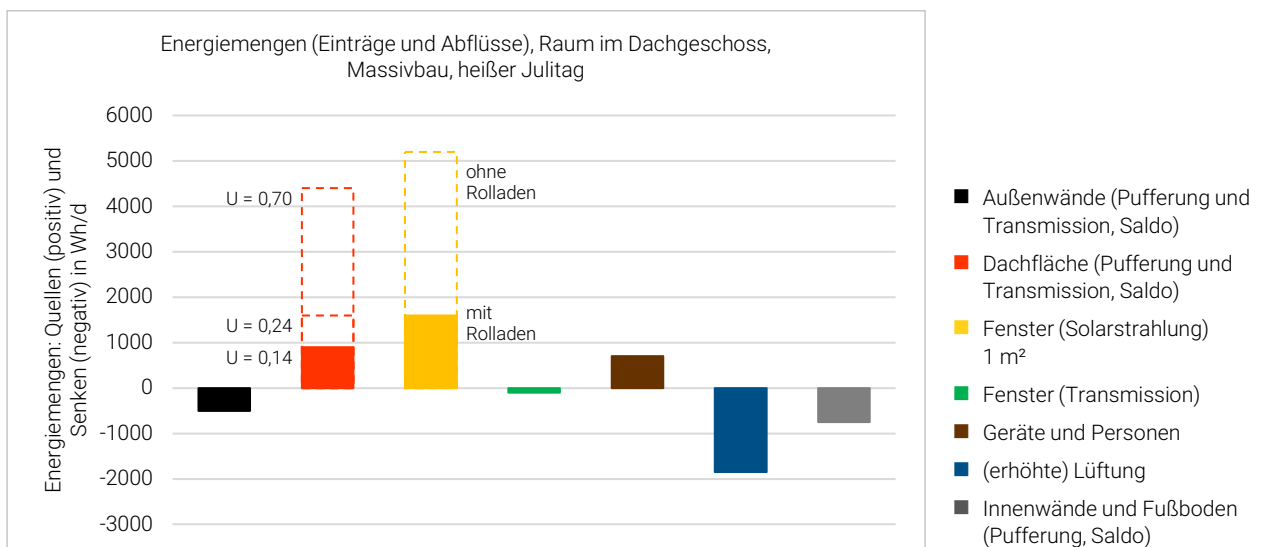
Scheinbar einfache Aussagen zum sommerlichen Wärmeschutz trifft das sogenannte Heindl-Verfahren. In den 1960er Jahren zur Bewertung schwerer Massivbauteile entwickelt, bemüht das Berechnungsverfahren allerdings zahlreiche mathematische und systematische Vereinfachungen, um die komplexen Differentialgleichungssysteme der Wärmeleitung lösen zu können. Unter anderem bleiben Wärmeabgaben an die Umgebung, z. B. konvektiv an die Außenluft oder durch Abstrahlung unberücksichtigt – der Wärmetransport fände im Modell nach Heindl also nur in einer Richtung statt. Auch gäbe die Innenoberfläche keine Wärme an die Raumluft ab - sie würde aufheizen, ohne sich abkühlen zu können. Dies führt in Berechnungen mit diesem Modell zu unrealistisch überhöhten Temperaturen der Innenoberfläche, und damit zu Ergebnissen, die von den erlebbareren Raumtemperaturen stark abweichen.

Weitere Faktoren wie Fenster und Sonnenschutzeinrichtungen, interne Wärmequellen oder die Temperaturpufferung durch raumseitige Speichermassen bleiben im Heindl-Verfahren völlig unberücksichtigt.

Aus dem Vergleich der Energieeinträge über die Dach-, Wand- und Fensterflächen aus heutiger Sicht wird deutlich, dass die mit dem Heindl-Verfahren für das opake Bauteil berechneten Kenngrößen wie das Temperaturamplitudenverhältnis TAV, die Temperaturamplitudendämpfung TAD und die Phasenverschiebung nur einen geringen Einfluss auf das erlebbare Raumklima haben können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Dach und Wand heute wesentlich besser gedämmt sind als in den 1960-er Jahren. Entsprechend gering sind die übertragenen Energiemengen. Gleichzeitig sind Fenster und damit der Energieeintrag durch die Glasflächen heute größer. Am Gesamtwärmeeintrag haben die geschlossenen Bauteile nur noch einen kleinen Anteil. Damit ist auch der zeitliche Verlauf ihres Wärmeeintrags für die Behaglichkeit im Raum unerheblich.

Aktuelle Studie mit dynamischer Raum- und Bauteilsimulation

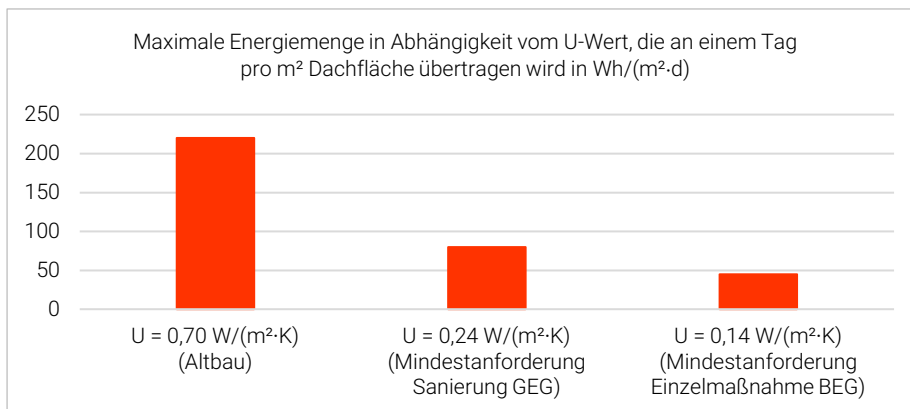
In einem von Prof. Dr. Spitzner veröffentlichten²⁾ Untersuchungsbericht wurde der sommerliche Temperaturverlauf eines Raumes mit einem dynamischen Simulationsprogramm berechnet. Die Grafik zeigt die über den Tagesverlauf kumulierten Energie-Zu- und Abflüsse aus der Perspektive der Raumluft:



Gut ablesbar ist der hohe Energieeintrag durch die Fensterfläche. Die solaren Gewinne durch das Glas des Fensters wurden in der Simulation tagsüber durch einen außenliegenden Rolladen begrenzt. Der gestrichelte Balken zeigt zum Vergleich den Energieeintrag des Fensters ohne Verschattung. Auch die Abwärme von Personen und Elektrogeräten stellt einen Wärmezufluss dar, während die Innenoberflächen der Massivbauteile dem Raum unterm Strich Wärme entziehen. Die in den Bauteilen gespeicherte Energie muss nach Abklingen der Hitzewelle wieder abgeführt werden; die erhöhte Nachtlüftung leistet einen entscheidenden Beitrag zur Wärmeabfuhr.

Winterlicher Wärmeschutz - im Sommer noch wirksamer

Auch die geschlossenen Dachflächen geben im Tagessaldo Wärme an den Innenraum ab – wie viel, wird wesentlich durch das Wärmeschutzniveau bestimmt. Um das tatsächliche thermische Bauteilverhalten nachzubilden, wurden verschiedene Dachaufbauten mit unterschiedlichen Materialien und U-Werten sowie unter Berücksichtigung der Wärmeleitung (inklusive Besonnung der Dachoberfläche) und der verschiedenen Speichervorgänge mit den Mitteln der dynamischen Simulation untersucht. Verglichen wurde der Netto-Energieeintrag pro m^2 der Innenoberfläche. Im Ergebnis spielen materialbedingte Unterschiede so gut wie keine Rolle – wohl aber das Wärmeschutzniveau: Der Energieeintrag eines Daches mit $U = 0,14 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ ist nur etwa halb so hoch wie der eines Vergleichsbauwerks mit $U = 0,24 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$.



Maximale Energiemenge in Abhängigkeit vom U-Wert, die an einem Tag pro m^2 Dachfläche übertragen wird in $Wh/(m^2 \cdot d)$

Was im Sommer wirklich zählt

- ▶ Eine realitätsnahe Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes ist nur für einen kompletten Raum und unter Berücksichtigung sämtlicher Energiepfade und Einflussfaktoren möglich. Da die größten Wärmeeinträge über die Fenster erfolgen, gibt die Bewertung einzelner opaker Bauteile keinen Aufschluss über das thermische Verhalten des gesamten Raumes.
- ▶ Das mathematisch und systematisch stark vereinfachende Heindl-Verfahren vernachlässigt wichtige Einflussfaktoren und führt zu theoretischen Berechnungsergebnissen, die deutlich von der erlebbaren Praxis abweichen.
- ▶ Möglichst schwere Wärmespeichermassen, die den Raum direkt umgeben, können den sommerlichen Temperaturanstieg wirksam begrenzen. Voraussetzung ist eine ausreichende Verschattung der Fenster und eine wirksame Nachtlüftung.
- ▶ Ein guter winterlicher Wärmeschutz wirkt auch im Sommer. Der Wärmeeintrag über die geschlossene Dachfläche wird durch den U-Wert entscheidend beeinflusst. Eine sehr gut gedämmte Dachfläche spielt für die Erwärmung des Raumes nur noch eine untergeordnete Rolle.

- 1) Prof. Dr. Martin H. Spitzner
Fachartikel „Den sommerlichen Wärmeschutz realitätsnah bewerten“, Energie KOMPAKT – 03/2021
- 2) Prof. Dr. Martin H. Spitzner
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

Unser Informationsmaterial soll nach bestem Wissen beraten, der Inhalt ist jedoch ohne Rechtsverbindlichkeit und ersetzt keine fachliche Beratung. Darüber hinaus hat insbesondere der Einsatz des jeweiligen Produkts gemäß den jeweils aktuellen allgemein anerkannten Regeln der Technik zu erfolgen. Technische Änderungen sind vorbehalten. Die Inhalte sind nach § 7 UrhG urheberrechtlich geschützt. Stand 08/2021. © puren gmbh