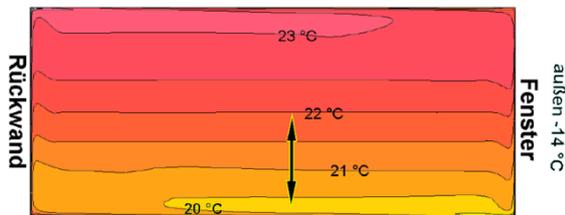


## Komfortanforderungen an Fenster im PHPP 10

Hoher thermischer Komfort ist eines der wichtigsten Kennzeichen des Passivhauses. Voraussetzung dafür ist zunächst eine ausreichende operative Raumtemperatur von 21 bis 22 °C. Zusätzlich müssen die Außenoberflächen, vor allem die Fenster, gewisse Mindestanforderungen erfüllen, um an kalten Wintertagen

- Kaltluftseen
- zu hohe Luftgeschwindigkeiten
- zu große räumliche oder zeitliche Temperaturunterschiede im Raum
- unangenehmen Strahlungswärmeentzug

zu verhindern. Dies lässt sich entweder durch Heizflächen in der Nähe der Fenster oder durch einen ausreichend guten Wärmeschutz erreichen.



Außenbauteil erfüllt  $\Delta s_{ra} < 4,2 \text{ K}$

Geringe Lufttemperaturschichtung in einem Raum mit Passivhaus-Qualität. © Passivhaus Institut

Bereits zu Beginn der Passivhaus-Entwicklung wurde auf Basis von ISO 7730 und ASHRAE 55 hergeleitet: Erfüllen alle Oberflächen im Raum die Anforderung, dass ihre mittlere Oberflächentemperatur um nicht mehr als 4,2 K von der mittleren operativen Temperatur im Raum abweicht, so ist hoher thermischer Komfort in jedem Fall gegeben.

Diese Anforderung hat sich grundsätzlich bewährt; ist sie erfüllt, bietet der Raum im gesamten Aufenthaltsbereich (> 0,50 m von den Außenwänden entfernt) eine hohe Behaglichkeit. Bezüglich der Art der Wärmeeinbringung in den Raum gibt es dann keine Einschränkungen mehr. Das vereinfacht die Planung, und die Investitionskosten sinken. Insbesondere werden unter den Fenstern keine Heizkörper mehr benötigt. Auf diesem Zusammenhang basieren auch die Anforderungen für die Zertifizierung von Fensterrahmen und Verglasungen.

Für einzelne, kleine Fenster ist ein derart hoher Wärmeschutz schwer zu erreichen, weil der Einfluss von Randverbund und Einbau sich stärker bemerkbar

macht. Er ist jedoch auch nicht im gleichen Maße erforderlich, da sich kleinere Fenster schwächer auf die Situation im Aufenthaltsbereich auswirken als vollverglaste Wände. Im Prinzip wurde dies bereits im PHPP 9 berücksichtigt: Die Anforderungen an den U-Wert kleiner Fenster sind dort geringer als für großflächige Verglasungen. Allerdings handelte es sich in der vorherigen Version des PHPP noch um eine eher vorsichtige Abschätzung.

Ab dem PHPP 10 werden die Komfortanforderungen an Fenster genauer berechnet. Als dominierende Einflussgröße erwies sich in Voruntersuchungen die Strahlungstemperatur, gemessen in Richtung des Fensters. Bleibt diese ausreichend hoch, sind auch die Anforderungen an die Temperaturschichtung, die Luftgeschwindigkeiten und die Temperaturunterschiede im Aufenthaltsbereich erfüllt.

Die Strahlungstemperatur wird dabei ausgehend von einem Punkt 0,50 m vor der Mitte des Fensters berechnet. Wenige Zentimeter vor dem Fenster würde man zwar niedrigere Strahlungstemperaturen messen, dort herrschen lokal auch niedrige Lufttemperaturen und relativ hohe Luftgeschwindigkeiten, all dies ist jedoch für den Komfort nicht relevant.

Welchen Anteil die Oberfläche des Fensters an der Strahlungstemperatur der Außenwand hat, beschreibt der Sichtfaktor  $F_{1,2}$ . Für das Fenster ergibt er sich aus der Geometrie:

$$F_{1,2} = \frac{2}{\pi} \left( \frac{\tilde{a}}{\sqrt{\tilde{a}^2 + 1}} \tan^{-1} \frac{\tilde{b}}{\sqrt{\tilde{a}^2 + 1}} + \frac{\tilde{b}}{\sqrt{\tilde{b}^2 + 1}} \tan^{-1} \frac{\tilde{a}}{\sqrt{\tilde{b}^2 + 1}} \right)$$

$$\tilde{a} = \frac{a}{2d}, \tilde{b} = \frac{b}{2d}$$

Sichtfaktor eines Fensters der Größe  $a$  mal  $b$  im Abstand  $d$

Für den Rest des Halbraums wird der U-Wert der umgebenden Wand berücksichtigt.

Auf dieser Basis erhält man für die gegebene Geometrie den maximalen U-Wert des Fensters, der für eine hohe Behaglichkeit eingehalten werden muss. Aneinander angrenzende Fenster müssen dabei als ein großes Fenster betrachtet werden. Die neue Eingabemethode für Fenster im PHPP 10, bei der in eine Zeile die komplette Wandöffnung statt wie bisher eine einzelne Verglasungsfläche eingetragen wird, erleichtert eine automatische Bewertung des thermischen Komforts ohne unnötige Sicherheiten.