

Bild 2: Anzahl der Tage, an denen Raumtemperaturen 28 °C übersteigen

$g = 0,10$  verbessert und die Lüftungsquerschnitte verdoppelt würden.

### Thermisches Raumklima und Energiebilanz bei natürlich belüfteten Räumen

Im Rahmen einer systematischen Parameter-Variation wurde der Einfluss der wichtigsten Auslegungskriterien und Betriebsfaktoren auf das thermische Raumklima und den Primärenergieverbrauch analysiert. Betrachtet wird ein natürlich belüfteter Raum in gemäßigtem Klima (Test-Referenz-Jahr 3 des DWD) mit Südfassade, dynamischer Sonnenschutzaktivierung und bedarfsgerecht geschaltetem Kunstlicht.

### Überhitzung im Sommer

In Bild 2 ist auf der Abszisse die Anzahl der Tage pro Jahr aufgetragen, an denen die operative Temperatur den Wert von +28 °C übersteigt. Die Balken verdeutlichen, wie sich das Ergebnis bei Variation eines einzigen Parameters verändert. Die Anzahl Tage, an denen Räume zur Überhitzung neigen, lässt sich verringern durch erhöhte Lüftung, verminderte Strahlungstransmission des Sonnenschutzes, kleinere Fensterflächen, reduzierte innere Lasten und erhöhte Bauschwere. Werden alle Parameter ungünstig gewählt, ist während des halben Jahres mit Überhitzung zu rechnen. Werden sie aber optimal aufeinander abgestimmt, ist das Risiko der Überhitzung fast vernachlässigbar. Anzumerken ist noch, dass Test-Referenz-Jahre keine mehrtägigen Hitzeperio-

den beinhalten und dass sich selbst in Räumen mit vorteilhaft abgestimmten Komponenten und optimaler Nutzung während einer Hitzeperiode Temperaturen über +28 °C einstellen können.

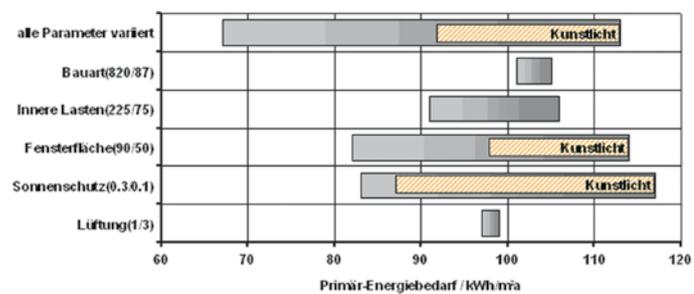
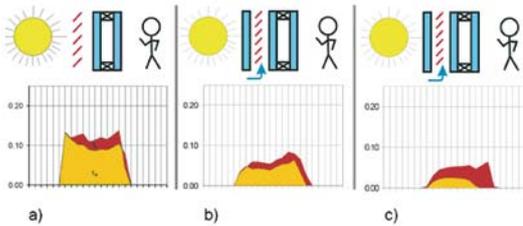


Bild 3: Jahresprimärenergiebedarf für Heizen und Kunstlicht eines natürlich belüfteten Raumes

### Primärenergiebedarf

Untersuchungen zu klimatisierten Räumen ergaben Werte zwischen 120 und 150 Wh/m²a für den Primärenergiebedarf für Heizen, Kühlen und Kunstlicht (Wirkungsgrad 20%, Primärenergie-Faktor  $f_{B,P} = 3$ ). Diesen Werten stehen die in Bild 3 aufgetragenen Ergebnisse für natürlich belüftete Räume gegenüber.

Nur durch große Glasflächen mit optimaler Tageslichtnutzung kann der Bedarf an Primärenergie niedrig gehalten werden. Damit aber gleichzeitig das Risiko der Überhitzung im Sommer beherrschbar bleibt, sind die Glasflächen mit leistungsfähigen, ganzjährig benutzbaren und bedarfsgerecht steuerbaren Sonnenschutzsystemen zu versehen.



**Bild 4:** Gemessene Gesamtenergiedurchlassgrade und deren Anteile ( $\tau_e$  und  $q_i$ ) für unterschiedliche Glas- und Sonnenschutzkombinationen

### Sonnenschutzwirkung von transparenten Fassadenbereichen

Als Maßstab für die Effizienz des sommerlichen Sonnenschutzes verschiedener transparenter Außenwände sind in Bild 4 messtechnisch ermittelte Gesamtenergiedurchlassgrade nach EN 410 und deren Komponenten  $\tau_e$  (gelbe Fläche) und  $q_i$  (rote Fläche), über der Tageszeit aufgetragen. Untersucht wurden:

- Wärmeschutzverglasung mit Sonnenschutz außen (80 mm Lamelle, weiß, 45° Neigung),
- Glasdoppelfassade mit nach außen um 50 mm parallel abgestellter Wetterschutzverglasung, an der ein windgeschützter Sonnenschutz befestigt ist (50 mm Lamelle, hellgrau, 45° Neigung) sowie
- Glasdoppelfassade mit Sonnenschutz (50 mm Lamelle, weiß, profiliert, geringer Lamellenabstand, 30° Neigung) im von unten nach oben hinterlüfteten Fassadenzwischenraum (Lüftungsquerschnitt 10%).

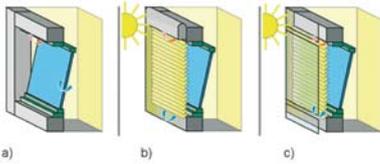
Anzeige

Für ein konventionelles Fenster mit außenliegendem Sonnenschutz sind unter realen Bedingungen g-Werte im Bereich von 0,12 bis 0,14 zu erwarten. Günstigere Werte ergeben zweischalige Aufbauten. So wurden für die Typen b) und c) Gesamtenergiedurchlassgrade im Bereich von 0,05 bis 0,08 ermittelt, wobei die geringe Strahlungstransmission der Variante c) auch geringe Tageslicht-Transmission zur Folge hat und eine Anpassung der Lamellenneigung an die Beleuchtungsverhältnisse erfordert.

### Lüftungseffizienz von Fensteröffnungen

Obwohl die natürliche Lüftung eines Raumes eine Folge windbedingter Gebäudedurchströmung, böenerregter Raumdurchspülung sowie thermisch induzierter Auftriebskräfte ist, wird der ganzjährig erforderliche hygienische Mindestluftwechsel für einen ungünstigen Zustand ausgelegt, der statistisch gesehen nur während 2% der Jahresnutzungszeit auftritt (Windstille, 1 K Temperaturdifferenz zwischen innen und außen). Zur Verringerung des Risikos der sommerlichen Überhitzung sollten zum einen die Luftöffnungen so groß wie möglich und im Bedarfsfall automatisch verschließbar ausgelegt werden. Zum anderen ist die Aufheizung der Zuluft an besonnten Bauteilen möglichst zu vermeiden.

In Bild 5 sind für drei unterschiedliche Luftöffnungen die bei Windstille und 1 K Temperaturdifferenz zu erwartenden Volumenströme und Luftwechsel eines 32 m<sup>3</sup> fassenden Raumes



**Bild 5: Unterschiedliche Arten von Fensteröffnungen zur natürlichen Lüftung**

dargestellt (typisch für 1 Person). Ausgelegt auf die Forderungen der ASR 5, weisen die Kippflügel eine Ansichtsfläche von  $1,6 \times 1 \text{ m}$  und eine effektive Lüftungsfläche von  $0,24 \text{ m}^2$  auf (freier Querschnitt 20 %,  $c_w = 0,75$ ).

Für das Kippfenster a) ist ein Außenluftvolumenstrom von ca.  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $n' = 2,51/\text{h}/\Delta t^{-0,5}$ ) zu erwarten. Variante b), mit besonderer Jalousie ( $45^\circ$  Neigung), liefert mit  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  die für eine Person erforderliche Frischluftzufuhr. Variante c) mit Wetterschutzverglasung und freien Querschnitten von 10 %, vermindert den Außenluftvolumenstrom auf  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $n' = 0,6 \text{ 1/h}/\Delta t^{-0,5}$ ), wobei zur Ertüchtigung dieses Systems entweder mehrere Fenster pro Person zur Verfügung stehen müssten oder die freien Querschnitte des Fensters entsprechend anzupassen sind.

### Leistungsfähiger Sonnenschutz notwendig

Sowohl bei kleinen als auch bei großen Glasflächenanteilen besteht eine Wechselwirkung zwischen der Sonnenschutzwirkung der transparenten Bereiche und der Effizienz der natürlichen Lüftung auf der einen Seite und der Bauschwere und den inneren Lasten des Raumes auf der anderen Seite.

So erfordern kleine Glasflächen häufiger Kunstlicht. Der damit verbundene Primär-Energiebedarf kann nur durch große Glasflächen mit hohem Tageslicht-Eintrag gesenkt werden. Damit aber das Risiko der Überhitzung im Sommer gering bleibt, sind große Glasflächen mit leistungsfähigen Sonnenschutzsystemen zu versehen, die ganzjährig benutzbar und bedarfsgerecht zu steuern sind.

Ebenfalls bedarfsgerecht einstellbar sollten die freien Querschnitte für die natürliche Raumlüftung sein, wobei die hygienisch erforderliche Außenluftfrate von etwa  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  auch bei ungünstigen Randbedingungen sicherzustellen ist und die maximalen Öffnungsflächen auf die Auskühlung bei Tag und Nacht auszulegen sind. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei geeigneter Anpassung der Auslegungs-Parameter während der Planungsphase und bei bedarfsgerechter Bedienung aller Komponenten während der Nutzung auch ohne mechanische Klimatisierung thermisch behagliche Räume zu schaffen sind, die einen Primär-Energiebedarf aufweisen, der auch zukünftigen Zielvorgaben entspricht.



#### ! Autor

**Dr.-Ing. Armin Schwab** ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Industrie- und Handelskammer Augsburg und Schwaben für Metall-Glas-Konstruktionen (Fassadentechnik und Bauphysik).