



## SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Die vorliegende Broschüre ist als praktischer Leitfaden für Planer gedacht, die den Wärmeschutz im Sommer umfassend angehen wollen. Sie behandelt das Thema mit Tiefgang auf Basis der EMPA-Studie «Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen – Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima» und liefert einen Überblick der Erkenntnisse sowie des Planungsablaufs.

### Inhaltsverzeichnis

1. Klimatische Rahmenbedingungen
2. Thermischer Komfort
3. Grundlage zur EMPA-Studie
4. Ergebnisse der EMPA-Studie
5. Der Einfluss der Dämmstoffart
6. Berechnung und Risikobeurteilung
7. Erweiterte Betrachtung des Einflusspotenzials
8. Bauen mit Verantwortung - Schlussfolgerungen



# KLIMATISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

## 1. Klimatische Rahmenbedingungen

Meteorologische Messungen in der Schweiz bestätigen es: Im Vergleich 1961-1990 weisen die Jahre ab 1980 allesamt erhöhte sommerliche Durchschnittstemperaturen auf. 2003 betrug die Erhöhung gar 4.8° C, und die Hitzesommer 2003 und 2006 bleiben unvergessen.

Der OcCC-Bericht\* «Klimaänderung und die Schweiz 2050» bezeichnet «die zukünftig vermehrt zu erwartenden Hitzewellen als wichtigste klimabedingte Gefahr für die Gesundheit» und empfiehlt eine angepasste Bauweise und Städteplanung.

\*) OcCC: von EDI/UVEK eingesetztes «beratendes Organ für Klimaänderung»

Mittlere Abweichung der Sommertemperaturen in der Schweiz 1864 – 2020 von der WMO-Norm 1961 – 2020

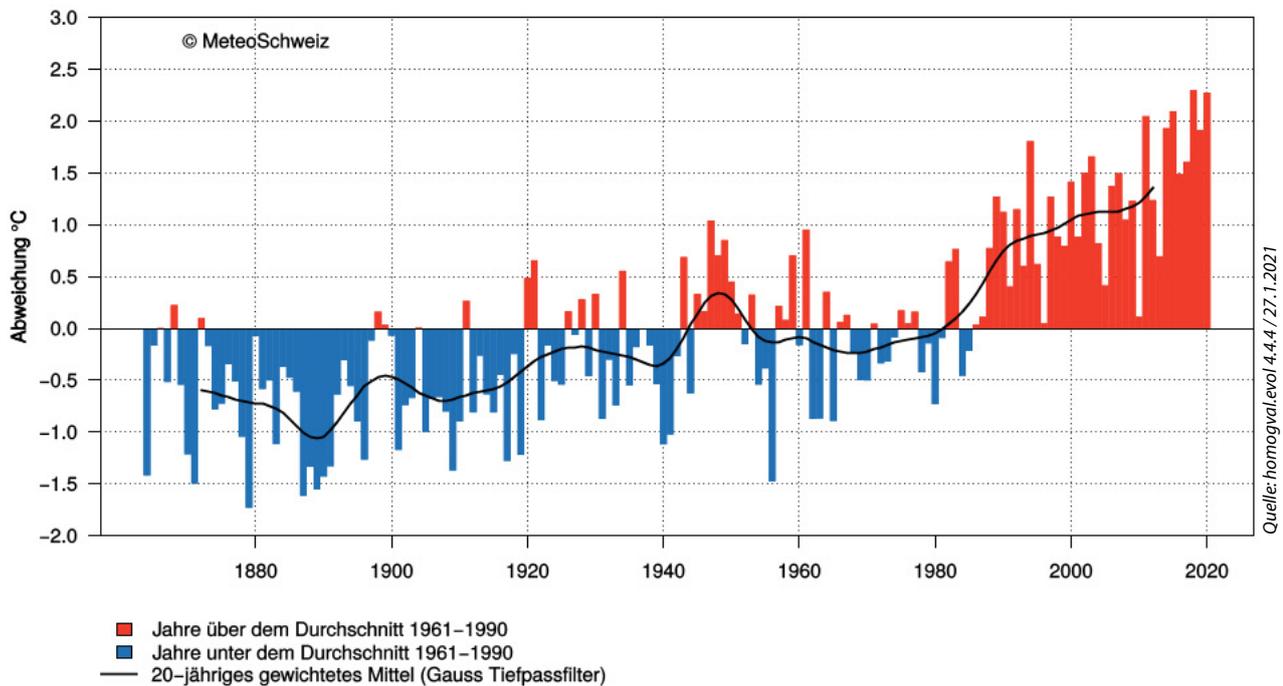


Abb. 1

## Einfluss der Klimaänderung auf die Häufigkeit von Temperaturextremen

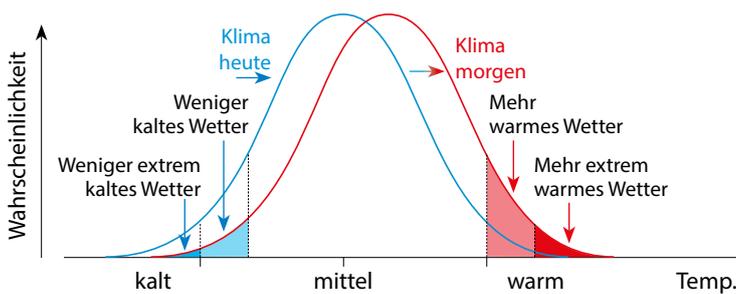


Abb. 2: Extrem heisses Wetter wird viel häufiger – extrem kaltes viel seltener

Quelle: OcCC-Bericht, Sept. 2003



## 2. Thermischer Komfort

### Die optimale Raumtemperatur im Sommer

ist abhängig von der Tätigkeit (Aktivität), der Wärmedämmung der Bekleidung, der mittleren Strahlungstemperatur, der Luftgeschwindigkeit und der Feuchtigkeit.

Abb. 3 aus der SIA-Norm 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden» zeigt die Temperaturtoleranzen, innerhalb welcher «90 % der sich im Raum befindlichen Personen mit dem thermischen Komfort zufrieden sind»

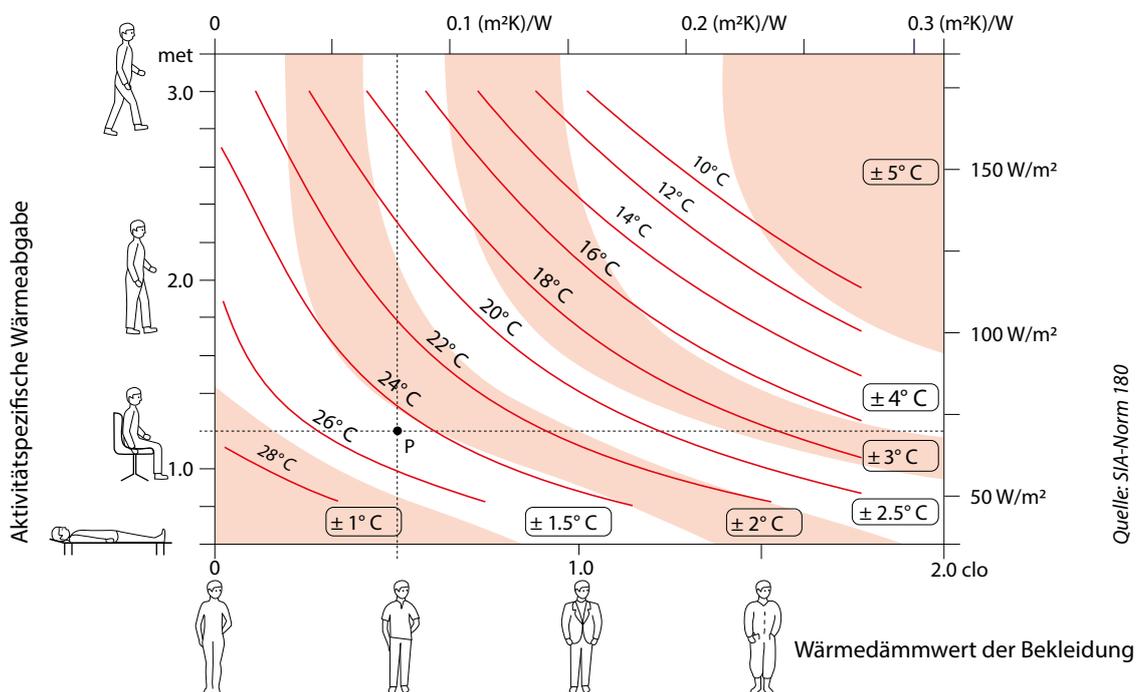


Abb. 3: Optimale Raumtemperaturen in Abhängigkeit von Tätigkeit und Bekleidung. Ablesebeispiel (P): Leichte, sitzend ausgeführte Büroarbeit (spezifische Wärmeabgabe 70 W/m<sup>2</sup> oder 1.2 met) mit sommerlicher Bekleidung (Wärmedurchlasswiderstand 0.0775 (m<sup>2</sup>K)/W oder 0.5 clo) ergibt eine optimal empfundene Raumtemperatur von 24.5°C mit einem Toleranzbereich von +/- 1.5°C.

### Erläuterungen:

met = metabolic rate (Wärmeabgabe des Menschen pro m<sup>2</sup> Körperoberfläche, 1 met = 58 Watt pro m<sup>2</sup>)

clo = close (Wärmedämmung der Bekleidung)

### Komfort und Innenraumklima

#### Der Einfluss auf das Innenraumklima

von Gebäuden im Sommer kann durch viele Massnahmen positiv beeinflusst werden:

#### Das Verhalten der Gebäudenutzer

prägt das Raumklima durch den Gebrauch der Beschattungsvorrichtungen und dem Lüftungsverhalten entscheidend mit. Das gilt für alle Arten von Räumlichkeiten.

#### Die baulichen Voraussetzungen

sind neben obenerwähntem Nutzerverhalten ein weiterer wichtiger Einflussfaktor. Das betrifft sowohl Konstruktion als auch Architektur.

#### Aufgrund der tendenziellen Klimaerwärmung

wird der sommerliche Wärmeschutz in Zukunft an Bedeutung gewinnen.



Abb. 4: Das Verhalten der Gebäudenutzer prägt das Raumklima entscheidend.

### 3. Grundlagen zur EMPA-Studie

Um die Einflussfaktoren auf das Raumklima im Sommer im Detail analysieren zu können, erstellte die EMPA, Abteilung Bautechnologien, 2008 mit dem dynamischen Gebäudesimulationsprogramm HELIOS die Parameterstudie «Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen – Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima».

Wie einleitend erwähnt wird die Innenraumtemperatur im Sommer durch eine Vielzahl betrieblicher und baulicher Faktoren beeinflusst. Gemäss EMPA-Studie lassen sich die Einflussgrössen bei definierten, identischen Transmissionswärmedurchgangsbedingungen wie folgt gliedern:

#### Der untersuchte Dachraum und die Rahmenbedingungen

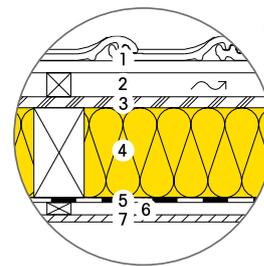
##### Dachraum

Weil dieser intensivster Sonnenstrahlung ausgesetzt ist und sich beim Holzbau die Frage ausreichender Wärmespeicherfähigkeit stellt, wurde für die Parameterstudie ein typischer Dachraum in Holzbauweise gewählt.

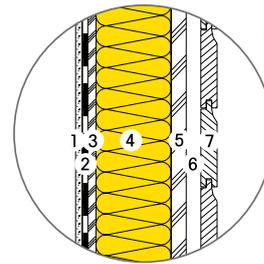
##### Dämmstandard der Bauteile

Für Aussenwand- und Dachkonstruktion wurden 200 mm bzw. 200 + 60 mm Wärmedämmung gewählt. Dies ergibt je nach Leistungsfähigkeit der Dämmstoffe U-Werte von 0.19 bis

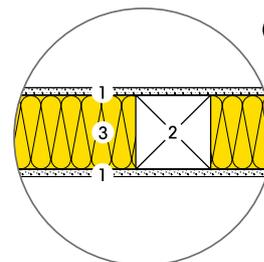
0.22 W/(m<sup>2</sup>K) bzw. 0.15 bis 0.18 W/(m<sup>2</sup>K). 200 mm Dämmung liegt im Bereich aktuell gültiger energetischer Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Wand- und Dachkonstruktionen, 200 + 60 mm. Der untersuchte Dachraum und die Rahmenbedingungen liegen im Bereich der Zielwerte der gesetzlichen Vorschriften nach SIA 380/1: 2016



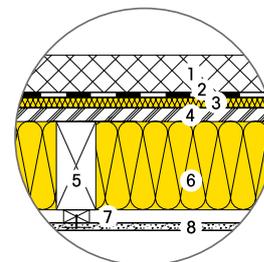
- (A) Dach: 28 m<sup>2</sup>
- 1 Dachziegel/Dachlattung
  - 2 Konterlattung/Hinterlüftung
  - 3 Unterdach Weichfaserplatte 24 mm
  - 4 Dämmung
  - 5 Dampfbremse/Luftdichtung
  - 6 Lattung/Leitungen
  - 7 Täfer 13 mm



- (B) Aussenwand: 7.5 + 13.8 m<sup>2</sup>
- 1 Gipsbauplatte 12.5 mm
  - 2 Dampfbremse
  - 3 OSB-Platte 15 mm
  - 4 Dämmung
  - 5 Weichfaserplatte 30 mm
  - 6 Durchlüftungsraum
  - 7 Holzschalung 20 mm



- (C) Innenwand: 18.2 + 13.8 m<sup>2</sup>
- 1 Gipsbauplatte 12.5 mm
  - 2 Holzständer
  - 3 Dämmung



- (D) Boden/Geschossdecke: 25 m<sup>2</sup>
- 1 Zementunterlagsboden
  - 2 Abdecklage
  - 3 Dämmung
  - 4 Holzwerkstoffplatte 25 mm
  - 5 Balkenlage 80 x 180 mm
  - 6 Dämmung
  - 7 Lattung/Leitung
  - 8 Gipsbauplatte 12.5 mm

Werte siehe Konstruktionselemente und technische Daten Seite 8

- (E) Türe: 1.8 m<sup>2</sup>  
E Verbindungstüre nach innen

- (F) Fenster: F1: 2 m<sup>2</sup> + F2: 1.2 m<sup>2</sup>  
F1 Dachflächenfenster  
F2 Fenster Westseite

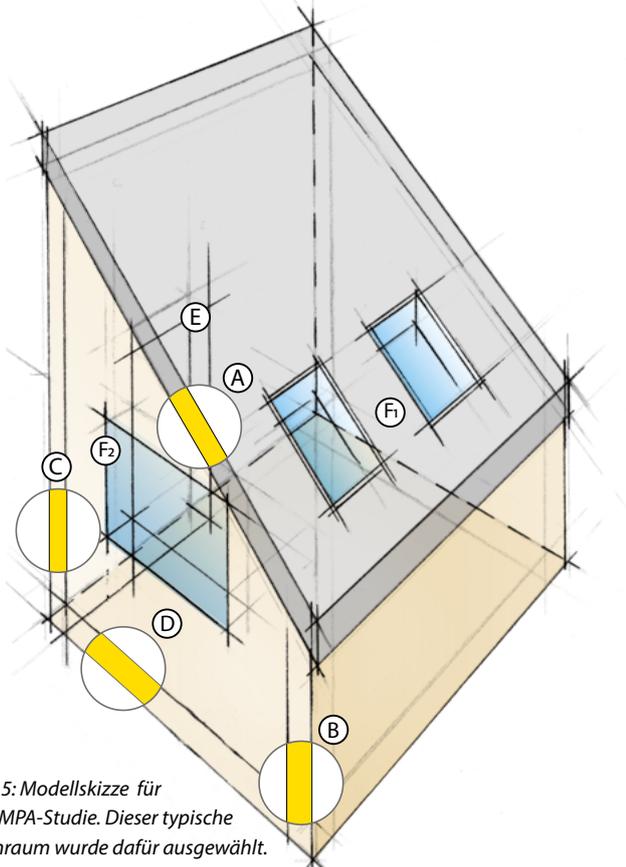


Abb. 5: Modellskizze für die EMPA-Studie. Dieser typische Dachraum wurde dafür ausgewählt.

### Aussentemperatur

Basis war die Periode vom 25. Juli bis zum 5. August 2003 aus dem Design Referenz Year DRY der Klimastation Zürich-Kloten, einer Periode mit 3 Hitzetagen in Folge und Temperaturen bis fast 35° C (siehe Abb. 7 und EMPA-Bericht, Seite 3).

### Innentemperatur

Der Temperaturverlauf wurde mit dem dynamischen Gebäudesimulationsprogramm HELIOS ermittelt – mit Variationen folgender Parameter:

- Sonnenschutz
- Nachtlüftung
- Dämmstoffart
- Bodenbelag
- Interne Wärmelasten
- Innere Beplankung an Wänden und Decken
- Grösse und Ausrichtung der Fenster

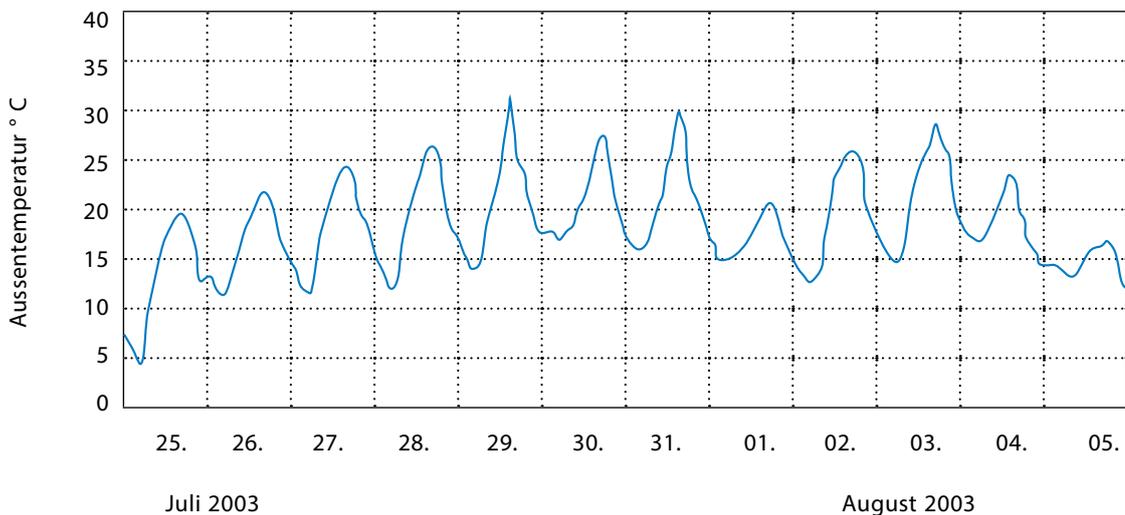


Abb. 6: Aussentemperaturkurve Zürich-Kloten DRY Juli – August.

# KONSTRUKTIONSELEMENTE UND TECHNISCHE DATEN

## Konstruktionselemente und technische Daten

A Dach			
Wärmedämmung $\lambda_D = 0.032 \text{ W/(mK)}$	d	mm	200
Wärmeschutz im Winter und Sommer			
Wärmedurchgangskoeffizient:			
– inklusive Wärmebrücken	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0.19
– ohne Wärmebrücken	U <sub>0</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0.14
Wärmeschutz im Sommer			
Dyn. Wärmedurchgangskoeffizient	U <sub>24</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0.10
Wärmespeicherfähigkeit	k <sub>j</sub>	Wh/(m <sup>2</sup> K)	5

B Aussenwand			
Wärmedämmung $\lambda_D = 0.032 \text{ W/(mK)}$	d	mm	160
Wärmeschutz im Winter und Sommer			
Wärmedurchgangskoeffizient:			
– inklusive Wärmebrücken	U	W/(m <sup>2</sup> K)	0.20
– ohne Wärmebrücken	U <sub>0</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0.16
Wärmeschutz im Sommer			
Wärmespeicherfähigkeit	k <sub>j</sub>	Wh/(m <sup>2</sup> K)	7

C Innenwand			
Wärmedämmung $0.035 \text{ W/(mK)}$	d	mm	60
Wärmeschutz im Sommer			
Wärmespeicherfähigkeit	k <sub>j</sub>	Wh/(m <sup>2</sup> K)	5

D Boden/Geschossdecke			
Trittschalldämmung $\lambda_D = 0.032 \text{ W/(mK)}$	d	mm	20
Wärmedämmung $\lambda_D = 0.035 \text{ W/(mK)}$	d	mm	180
Wärmeschutz im Sommer			
Wärmespeicherfähigkeit	k <sub>j</sub> oben	Wh/(m <sup>2</sup> K)	15
Wärmespeicherfähigkeit	k <sub>j</sub> unten	Wh/(m <sup>2</sup> K)	3

E Türe	
Türe 1.8 m <sup>2</sup>	Wärmespeicherfähigkeit k <sub>j</sub> : 4 Wh/(m <sup>2</sup> K)

F Verglasungen und Sonnenschutz						
	Sonnenschutz	Farbe	$\tau_{e,B}$	$\tau_v$	g	
F <sub>1</sub> Dachflächenfenster 2 m <sup>2</sup> 2-fach-Wärmeschutzglas	aussen	pastell	0.1	0.08	0.09	
F <sub>2</sub> Fenster Westseite 1.2 m <sup>2</sup> 2-fach-Glas normal	aussen	pastell	0.1	0.09	0.13	



Abb 7: Dachgeschosse sind heute als Wohnraum besonders beliebt und bieten auch ein sehr angenehmes Wohnklima, sofern dem sommerlichen Wärmeschutz genügend Beachtung geschenkt wird.



#### 4. Ergebnisse der EMPA-Studie

Erwartungsgemäss üben Art des Sonnenschutzes sowie die Lüftungsmassnahmen zum Abführen der Wärmelasten den grössten Einfluss auf die Innentemperatur aus.

##### Einfluss des Sonnenschutzes

Abb. 8 zeigt die Innenraumtemperaturverläufe in Abhängigkeit unterschiedlicher **Beschattungsmassnahmen** (kein Sonnenschutz - Markise aussen - Rafflamellenstoren). Ausgangslage: Balkonfenstertüre, einlagige Gipsfaserbeplankung an Wand und Dach, Teppichbodenbelag, Nachtlüftung mit dreifachem Luftwechsel, normale Nutzung und Dämmstoffvariante Glaswolle.

##### Periode 25. – 30. Juli DRY

Var. 1: Rafflamellenstoren — Var. 2: Markise — Var. 3: Kein Sonnenschutz —

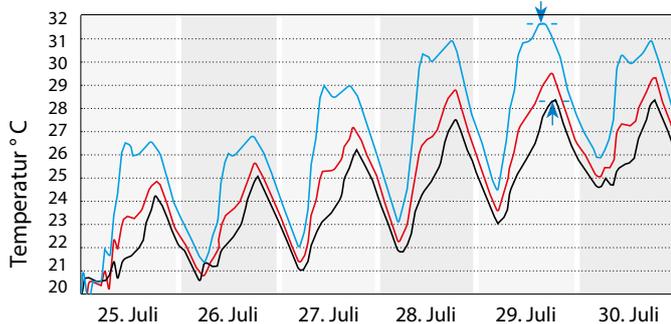


Abb. 8: Schon moderate Fenstergrössen (20 % der Bodenfläche, ostexponiert) bewirken Temperaturdifferenzen bis 3.5°C. Grössere, südexponierte oder Dachflächenfenster ergeben noch viel deutlichere Unterschiede.

##### Einfluss der Nachtlüftung

Abb. 9 zeigt die Innenraumtemperaturverläufe in Abhängigkeit unterschiedlicher **Nachtlüftungsszenarien** (kein Luftwechsel, einfacher sowie dreifacher Luftwechsel pro Stunde). Ausgangslage: Balkonfenstertüre mit Rafflamellenstoren, einlagige Gipsfaserbeplankung an Wand und Dach, Teppichbodenbelag, normale Nutzung und Wärmedämmung.

##### Periode 25. – 30. Juli DRY

Var. 1: 150 m<sup>3</sup>/h — Var. 2: 50 m<sup>3</sup>/h — Var. 3: 0 m<sup>3</sup>/h —

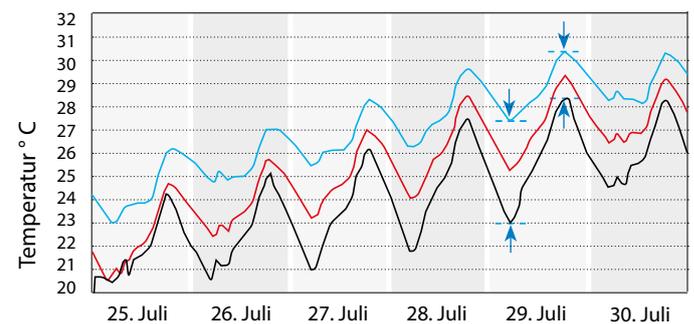


Abb. 9: Wie die Temperaturverläufe Schwarz und Blau (3-facher und kein Luftwechsel) zeigen, betragen die Temperaturunterschiede nachts bis zu 4.5°C und am Tag bis 2°C (siehe Pfeile).

### 5. Der Einfluss der Dämmstoffart ist vernachlässigbar

Ein dämmstoffartbedingter Unterschied von max. 1° C Innenraumtemperatur ist nur bei Vorliegen folgender Einflussfaktoren nachweisbar: Optimale Beschattung (Rafflamellenstoren ausser), Nachtlüftung (dreifacher Luftwechsel pro Stunde), minimierte Fenstergrössen sowie Raumwärmespeicherkapazitäten

und interne Wärmelasten. Sobald einer oder mehrere der massgebenden Faktoren wie Fenstergrösse, Beschattung, Nachtlüftung, interne Lasten weniger optimal sind oder eine höhere Raumwärmespeicherkapazität angenommen wird, minimiert sich die Relevanz der Dämmstoffart noch mehr.

#### Periode vom 25. – 30. Juli DRY

Glaswolle — Steinwolle — Zellulose — Holzweichfaser — Holzfaser —

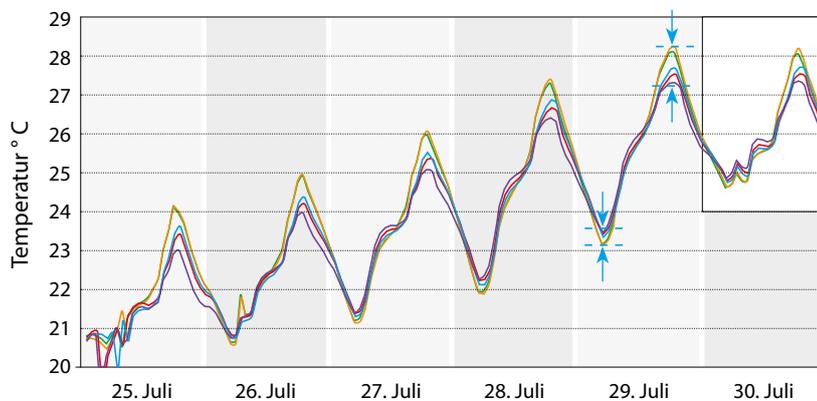


Abb. 10a: Wie die sehr nahe beieinanderliegenden Temperaturkurven zeigen, ist die Wahl der Dämmstoffart unbedeutend.

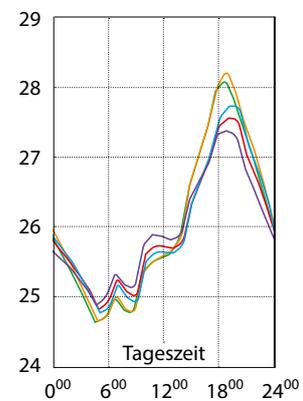


Abb. 10b: Der vergrösserte Ausschnitt zeigt die Temperaturkurven innerhalb des 24-h- Tagesablaufs am 30. Juli DRY.



© Shutterstock

Abb. 11: Mineralwolle – ein universeller und dennoch hocheffizienter Wärmedämmstoff. Er ist leicht, gut verarbeitbar und unbrennbar.

## 6. Berechnung und Risikobeurteilung

Für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes gelten die Norm SIA 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden», subsidiär auch die Normen SIA 382/1, SIA 342 und SIA 416 sowie die Merkblätter SIA 2024 und 2028.

Die SIA Norm 180 bietet drei Varianten für einen Nachweis an, wobei für Wohngebäude überwiegend die **Variante 1** mit der «Globalbeurteilung von Standardfällen» ausreichend ist. Die **Variante 2** basiert auf einem raumweisenden Systemnachweis, in dem die wesentlichen Stellschrauben - Glasfläche, Wärmespeicherfähigkeit und Sonnenschutz - justiert werden.

In Analogie zur SIA-180-Verfahren 3 erlaubt die Minergie-Variante 2 eine Optimierung des Gesamtsystems «Haus» über die Gewerke hinweg, indem beispielsweise eine geringe Speichermasse des Gebäudes über einen besseren Sonnenschutz oder eine reduzierte Glasflächenzahl ausgeglichen werden kann. Die Variante 2 nach Minergie beurteilt auch - wie Variante 3 - den Komfort (interne Lasten, Nachtauskühlung etc.), insbesondere Raumtemperaturen über 26.5° C während weniger als 100 Stunden.

Der Nachweis erfolgt anhand des Hilfstools Sommerlicher Wärmeschutz (SoWs), das kostenfrei auf der Homepage von Minergie verfügbar ist. Die «Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards» bietet eine Anleitung für das Hilfstool SoWs. Das Nachweisverfahren eignet sich auch als Planungstool. Die Variante 3 des Nachweises bedingt eine thermische Gebäudesimulation. Erforderlich ist diese Variante, falls eine aktive Kühlung mittels einer Kältemaschine vorgesehen ist, sowie für Spezialfälle.

### Bedeutung der Einflussfaktoren

Die rechnerischen Untersuchungen zum sommerlichen Wärmeschutz eines Dachraumes mit moderatem Fensterflächenanteil haben gezeigt, dass den einzelnen Einflussfaktoren eine sehr unterschiedliche Bedeutung beigemessen werden muss. Bedingt durch den guten Wärmedämmstandard heutiger Gebäudehüllen und deren luftdichter Bauweise müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Wärmelasten im Raum so gering wie möglich zu halten und diese gezielt durch Lüftungsmassnahmen nachts abzuführen. *Abb. 12* zeigt die verschiedenen Einflussfaktoren und deren Wirkungen auf die max. Raumlufttemperaturen.

### Bedeutung der verschiedenen Einflussfaktoren

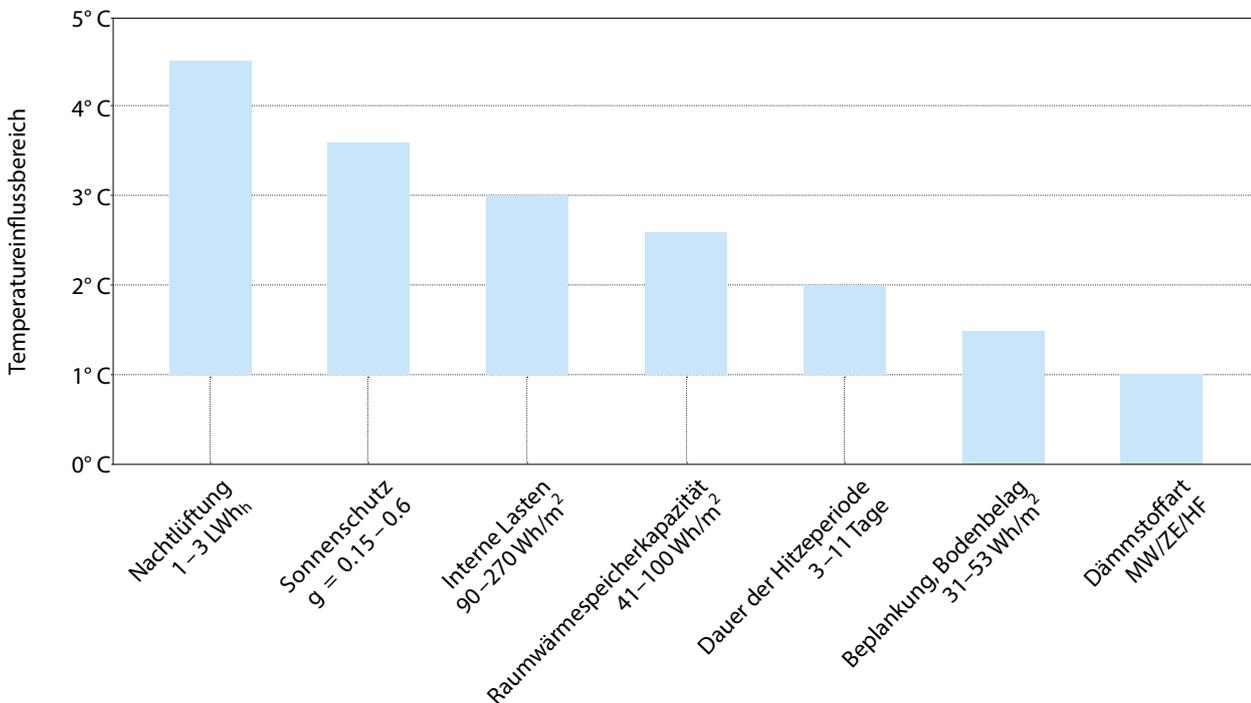


Abb. 12: zeigt anschaulich die Bedeutung der verschiedenen Einflussfaktoren. Der Einfluss der Dämmstoffart von 0 bis max 1° C ist unbedeutend.

MV = Mineralwolle

ZE = Zellulose

HF = Holzfaserplatten

LW = Luftwechselrate

g = g-Wert genaue Bezeichnung überprüfen

# ERWEITERTE BETRACHTUNG DES EINFLUSSPOTENZIALS

## 7. Erweiterte Betrachtung des Einflusspotenzials

Wie sich zusätzlich die Variationen von Fensterflächenanteilen und Dämmstandards auf die anderen Einflussfaktoren auswirken – sowie deren Abhängigkeit untereinander – zeigt die Auswertung fünfzehn weiterer Simulationsberechnungen, zusammengefasst in Abb. 14.

Als Ausgangslage diente wieder die Dachraumgeometrie der EMPA-Studie, und für die Einflussfaktoren wurden Annahmen

getroffen, die bei gängiger Bauweise als üblich oder «durchschnittlich» taxiert werden können (Abb. 14, Kolonne «durchschnittlich»). Um den Einfluss der einzelnen Faktoren in Abhängigkeit aller anderen abzubilden, wurden die Parameter einmal «günstiger» und einmal «ungünstiger» gewählt (Abb. 9). Bei allen anderen Faktoren wurde dabei der Ausgangswert beibehalten. Die so errechneten Innenraumspitzentemperaturen bilden die Grundlage zur Beurteilung des Einflusspotenzials.

### Einflussfaktoren und Annahmen für drei Fälle

Einflussfaktoren	Mass-einheit	Fall-Annahmen		
		günstiger	durchschnittlich	ungünstiger
<b>Fenstergrösse</b> (% von Nettogeschossfläche NGF)	%	10	20	30
<b>Beschattung</b> (Gesamtenergiedurchlassgrad g)		0.12	0.30	0.60
<b>Interne Wärmelasten</b>	W/m <sup>2</sup>	5	10	15
<b>Luftwechsel Nacht n<sub>L</sub>, LW/h</b>	LW/h	3	1.5	kein LW
<b>Dämmstandard der Bauteile</b> (Wärmedurchgangskoeffizient U)	W/(m <sup>2</sup> K)	0.10	0.20	0.30
<b>Raumwärmespeicherkapazität</b>	Wh/(m <sup>2</sup> K)	65	52	31
<b>Dämmstoffart</b>		Holzfaser	Hanf	Mineralwolle

Abb. 13: Einflussfaktoren und Annahmen: im Anhang, Abb. 14, sind diese näher beschrieben.

### Annahmen für die 15 Simulationen und die in der Hitzeperiode errechneten Raumsitzentemperaturen

Einflussfaktor	Fall-Annahmen	Fenstergrösse	Beschattung	interne Lasten	Luftwechsel Nacht	Dämmstandard	Raumwärmespeicherkapazität	Dämmstoffart	Raumspitzentemp.
		% pro NGF	g	W/(m <sup>2</sup> K)	LW/h	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)		°C
<b>Beschattung</b>	günstiger	20	0.12	10	1.5	0.20	52	Hanf	29.5
	ungünstiger		0.60						35.0
<b>Raumwärmespeicherkapazität</b>	günstiger	20	0.30	10	1.5	0.20	65	Hanf	28.6
	ungünstiger						31		32.3
<b>Luftwechsel Nacht: LW [1/h]</b>	günstiger	20	0.30	10	3	0.20	52	Hanf	30.3
	ungünstiger				kein LW				33.7
<b>Interne Lasten</b>	günstiger	20	0.30	5	1.5	0.20	52	Hanf	30.0
	ungünstiger			15					32.8
<b>Fenstergrösse</b>	günstiger	10	0.30	10	1.5	0.20	52	Hanf	30.0
	ungünstiger	30							32.5
<b>Dämmstandard: U-Wert</b>	günstiger	20	0.30	10	1.5	0.10	52	Hanf	31.0
	ungünstiger					0.30			32.0
<b>Dämmstoffart</b>	günstiger	20	0.30	10	1.5	0.19 – 0.21	52	Holzfaser	31.2
	ungünstiger							Mineralwolle	31.4

Abb. 14: Die Raumsitzentemperatur basierend auf den durchschnittlichen Werten beträgt 31.3° C (erste Zeile). Die weiteren aufgeführten Raumsitzentemperaturen zeigen auf, wie sich die Variation der Einflussfaktoren unter sonst gleichbleibenden Bedingungen auswirkt.



# ERWEITERTE BETRACHTUNG DES EINFLUSSPOTENZIALS

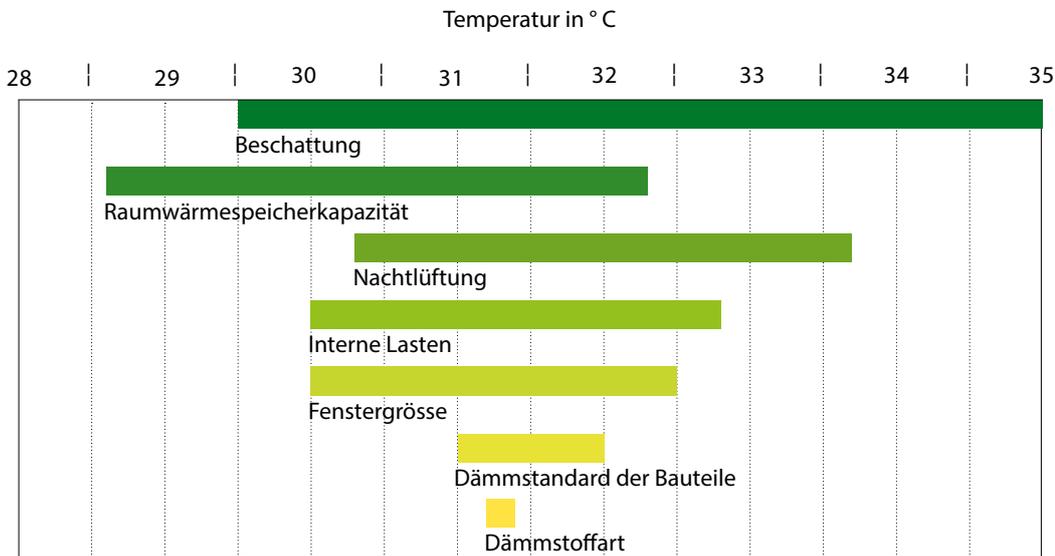


Abb. 14a: Die einzelnen Faktoren und ihr Einflusspotenzial.

### Einflusspotenzial der einzelnen Faktoren

Dieses ergibt sich aus den in der Hitzeperiode errechneten Raumsitztemperatur der 15 Simulationen. Sie liegen in diesem hohen Bereich, weil für das Aussenklima eine Hitzeperiode mit Spitzentemperaturen bis 35°C angenommen wurde. Diese Extremsituation bringt die Relevanz der Einflussfaktoren besonders deutlich an den Tag und erlaubt daher eine präzise Beurteilung.

Die nebenstehenden Diagramme veranschaulichen und bestätigen den hohen Stellenwert von Beschattung, Raumwärmespeicherkapazität, Nachtlüftung, internen Wärmelasten und Fenstergrössen im Kontext des sommerlichen Wärmeschutzes. Ausserdem wird auf einen Blick erkennbar, wo es sich lohnt, die Hebel anzusetzen. Der Einfluss der Dämmstoffart ist unbedeutend (siehe dazu auch die Abb. 10a + b auf Seite 8).

### Raumsitztemperaturbereiche / Einflusspotenziale der einzelnen Faktoren

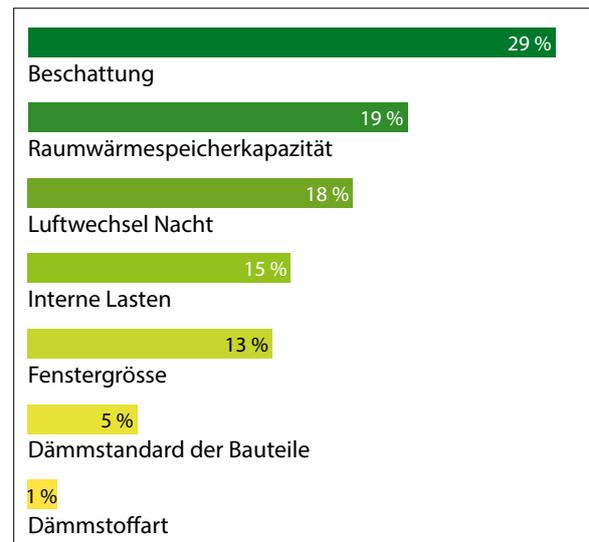


Abb. 14b: Prozentualer Anteil der Faktoren am Einflusspotenzial.



**Bauen mit Verantwortung. Leben in Behaglichkeit.**

Bauliche Vorkehrungen und ein situationsgerechtes Nutzerverhalten ermöglichen im Winter wohlige Wärme und im Sommer angenehme Kühle in Innenräumen.

**Welche Relevanz haben die einzelnen Einflussfaktoren?****Schlussfolgerungen**

Die EMPA-Studie «Sommerlicher Wärmeschutz in Dachräumen - Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima» hat zusammen mit der erweiterten Betrachtung des Einflusspotenzials interessante Resultate zutage gebracht. Die daraus abgeleiteten Planungsgrundsätze erlauben eine schnelle und einfache Risikobeurteilung. Zusammenfassend die wichtigsten Erkenntnisse:

**Klima**

Aufgrund der tendenziellen Klimaerwärmung und der sich abzeichnenden Zunahme mehrtägiger Hitzeperioden wird der sommerliche Wärmeschutz in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

**Thermischer Komfort**

Die thermische Behaglichkeit ist hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängig: Raumlufttemperatur - mittlere Oberflächentemperatur der umgebenden Flächen - Luftgeschwindigkeit, Feuchtigkeit - aber auch vom Menschen selbst, seiner Aktivität, Bekleidung und seinem physiologischem Zustand.

**Planung**

Bedingt durch den guten Wärmedämmstandard heutiger Gebäudehüllen und deren luftdichter Bauweise müssen Vorkehrungen getroffen werden, um einerseits die Wärmelasten im Raum so gering wie möglich zu halten und diese aber andererseits auch durch ein gezieltes Lüftungsmanagement nachts wieder abzuführen. Eine Risikobeurteilung beugt Überraschungen vor; die Planungsschritte «Lasten abschätzen, Raumspeicherkapazität bestimmen und Lüftungsmassnahmen festlegen» erlauben dies auf einfache Art und Weise.



© Shutterstock



© Shutterstock



### Gebäudenutzer

Neben den baulichen Voraussetzungen spielt auch das Nutzerverhalten eine wichtige Rolle. Im nichtautomatisierten Betrieb heisst das: Tagsüber intelligente Bedienung der Sonnenschutzvorrichtungen sowie ein gezieltes Lüften, vor allem nachts. Nicht zu vergessen ist der Einfluss bei der Wahl effizienter Geräte und Beleuchtungen sowie Bauteiloberflächen, z. B. Bodenbeläge, abgehängte Decken und Akustikverkleidungen.

### Sonnenschutz und Lüftung

Mit dem dynamischen Gebäudesimulationsprogramm HELIOS lassen sich alle wichtigen Einflussparameter variieren und messen. Es zeigt sich, dass bei moderatem Fensteranteil die Faktoren Sonnenschutz und Nachtlüftung die Innenraumtemperaturen am meisten beeinflussen. Credo: «Wärmelasten im Sommer so gering wie möglich halten und diese nachts durch Lüftungsmassnahmen wieder abführen.»

### Angenehmes Raumklima durch Freecooling

Bei Häusern mit Sole-/Wasser-Wärmepumpe ist dies auf sehr effiziente Weise möglich. Dabei wird die Erdsondenanlage als Kältequelle genutzt. Das vom Erdreich über den Heizkreislauf kommende kühlere Medium nimmt die Wärme im Wohnraum auf und gibt diese über einen Wärmetauscher via Erdsonde ins

Erdreich ab. Dafür ist nur eine kleine Umwälzpumpe erforderlich, die Wärmepumpe ist ausser Betrieb. Deshalb erhöht das Freecooling den Elektroenergiebedarf kaum merklich.

Ist das Haus mit einer Photovoltaikanlage zur Stromproduktion ausgerüstet, steht insbesondere an sonnigen Tagen ohnehin so viel Elektroenergie zur Verfügung, sodass der kleine Bedarf der Umwälzpumpe nicht ins Gewicht fällt.

### Automatisierte Lösungen (Smart Home)

Heute ist es technisch möglich, durch Intelligente Smart Home Lösungen die zwei Haupteinflussfaktoren während dem Betrieb zu steuern. Sensoren messen die Innenraumtemperatur und veranlassen bei Bedarf das Runterlassen der Aussenbeschattung. Nachts werden die Fenster automatisch geöffnet, wenn die Aussentemperatur unter die Innentemperatur sinkt. So wird das Innenraumklima automatisch gesteuert, so dass sich dieses auf ein Minimum erwärmen wird. Diese Massnahmen sollten bereits beim Neubauprojekt eingeplant werden. Im Bestandesbau gibt es Lösungen, bei denen diese noch nachgerüstet werden können.

Im Winter sollten die Aussenbeschattungen für einen Blendenschutz nicht eingesetzt werden. Es ist sinnvoller, einen innenliegenden Blendenschutz zu verwenden. Dieser unterstützt die passive Sonnenenergienutzung und hilft, zusätzliche Energie des Wärmereizgers einzusparen. Auch diese können intelligent gesteuert und geregelt werden. Einfach Smart.



### Das Dachgeschoss im Sommer optimal gegen Hitze schützen

Je nach Raumnutzung sind unterschiedliche Lösungen beim Hitzeschutz sinnvoll. Dachgeschoss-Wohnungen haben oft den Ruf, im Sommer besonders heiss zu werden. Doch bei zeitgemäss gedämmten Dächern gibt es mit dem richtigen Hitzeschutz für Dachfenster keinen Grund zur Sorge. Wenn man die Vorteile der verschiedenen Lösungen beachtet, können diese neben dem effektiven Schutz vor Sommerhitze auch zur vollständigen Verdunkelung, zu zusätzlichem Lärmschutz und höherer Wohnqualität beitragen.

Mit Rollläden oder Hitzeschutz-Markisen gibt es Varianten für unterschiedliche Ansprüche. Vor der Entscheidung für eine Lösung lohnt es sich, genau zu überlegen, was erreicht werden soll: Ist neben Hitzeschutz beispielsweise auch Verdunkelung oder Lärmschutz erwünscht?



© Shutterstock



© Shutterstock

### Der Rollladen: Schlafkomfort unterstützen

Rollläden halten nicht nur Hitze am effektivsten ab, sondern verdunkeln den Raum auch bei hellem Tageslicht vollständig und schützen zudem vor Lärm. Das macht sie zur idealen Lösung für Schlafzimmer. Elektrisch oder solar betriebene Rollläden bringen zudem einen erheblichen Komfortgewinn mit, da sich etwa Hitzeschutz und Dunkelheit per Fingertipp realisieren lassen. Bewohner können per Funksteuerung oder über eine App auf dem Smartphone eine Zeit festlegen, zu der sich der Rollladen öffnet. So können sie sich von den ersten Sonnenstrahlen wecken lassen und den natürlichen Schlafrhythmus unterstützen. Doch nicht nur im Sommer profitieren Dachgeschossbewohner von dieser vielseitigen Lösung: Bei kalten Aussentemperaturen helfen Rollläden beim Energiesparen, da sie die Wärmedämmung von Dachfenstern verbessern.

### Hitzeschutz-Markise mit Verdunkelung

Neben Rollläden, stellt eine Markise mit verdunkelndem Stoff eine interessante Alternative insbesondere für die heissen und hellen Sommermonate dar. Das wetterbeständige, lichtundurchlässige Gewebe liegt dezent aussen vor der Scheibe und hält die energiereichen Sonnenstrahlen fern. Mit Schutz vor Hitze und der Verdunkelung der Räume sind die beiden wichtigsten Funktionen durch die Hitzeschutz-Markise-Verdunkelung abgedeckt.



BAUEN MIT VERANTWORTUNG- SCHLUSSFOLGERUNGEN

Massnahme	Einflussfaktor	Relevanz	Beeinflussungspotenzial		Grundsätze für Planung und Betrieb
			Planer	Bewohner/ Nutzer	
<b>Minimierung des solaren Wärme-eintrages</b>	Glasanteil	✓	✓		Glasanteil klein halten, nicht grösser wählen als für die Raumnutzung angemessen.
	Fenster-ausrichtung	✓	✓		Horizontale, süd-, ost- und westexponierte Fensterflächen (in dieser Reihenfolge) wirken kritisch auf die Innenraum-temperatur im Sommer.
	Sonnenschutz	✓	✓	✓	Beschattung aussenliegend, tiefe g-Werte (Gesamt-energie-durchlassgrad) für Verglasung/Sonnenschutz. Korrekte Bedienung der Sonnenschutz-einrichtung.
	Dämmstandard der Bauteile	✓	✓		Je tiefer die Wärmedurchgangskoeffizienten $U$ und $U_{24}$ – desto besser.
<b>Maximierung der Raum-speicher-kapazität</b>	Bauteile	✓	✓		Innen freiliegende massive Bauteile und Zementunterlags-böden beeinflussen die Raumspeicherkapazität positiv.
	Bauteil-oberflächen	✓	✓		Beplankungsmaterialien mit hohen Wärmespeicher-kapazitäten wie Gipsbauplatten wirken sich positiv aus.
	Einbauten/Verkleidungen	✓	✓	✓	Abgehängte Decken, Teppiche, Akustikmassnahmen reduzieren die Wärmespeicherfähigkeit.
<b>Maximierung der Nacht-auskühlung</b>	Lüftungsart	✓	✓	✓	Querlüftung über Dach- und Fensteröffnungen ist am effizientesten.
	Fenstergeometrie	✓	✓		Bei gleicher Fensterfläche sind hohe Fensterflügel wirksamer als breite.
<b>Minimierung der internen Wärmelasten</b>	Personenbelegung	✓	✓		Je kleiner die Personenbelegung im Raum, desto günstiger und geringer die internen Lasten.
	Technische Geräte	✓	✓	✓	Effiziente Geräte und Beleuchtung halten die inneren Wärmelasten tief.

Legende: ✓ mittel    ✓ hoch    ✓ sehr hoch

## 6 Anhang

### Anforderungen an den g-Wert von Fenstern

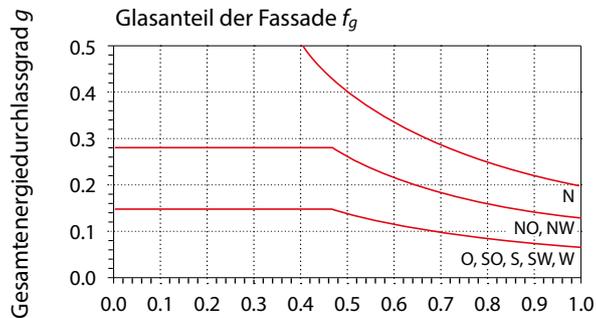


Abb. 16: Anforderungen nach SIA 382/1 an den g-Wert von Fassadenfenstern (Verglasung und Sonnenschutz) in Abhängigkeit von Glasanteil und Orientierung.

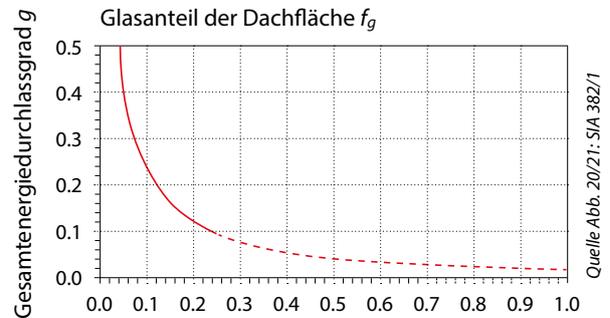


Abb. 17: Anforderungen nach SIA 382/1 an den g-Wert von Oberlichtern (Verglasung und Sonnenschutz) in Abhängigkeit des Glasanteils.

### Kennwerte typischer Verglasungen mit Sonnenschutz

Verglasung	Sonnenschutz	Farbe	Solarer Transmissionsgrad des Sonnenschutzes $\tau_{e,B}$	Lichttransmissionsgrad $\tau_v$	Gesamtenergiedurchlassgrad g
2-fach-Glas normal	aussen	pastell	0.1	0.09	0.13
2-fach-Glas normal	innen	hell	0.1	0.09	0.37
2-fach-Wärmeschutzglas	aussen	pastell	0.1	0.08	0.09
2-fach-Wärmeschutzglas	innen	hell	0.2	0.16	0.40
3-fach-Glas normal	aussen	pastell	0.1	0.08	0.11
3-fach-Glas normal	innen	hell	0.1	0.09	0.37
3-fach-Wärmeschutzglas	aussen	pastell	0.1	0.07	0.07
3-fach-Wärmeschutzglas	innen	pastell	0.2	0.15	0.40
3-fach-Wärmeschutzglas	innen	hell	0.2	0.15	0.36

Quelle: SIA 382/1

Abb. 18: Verglasung und Sonnenschutz haben einen erheblichen Einfluss auf die solaren Wärmelasten.

### Luftwechselraten in Abhängigkeit der Fensterlüftungsart

**Fenster gekippt, Rollläden**  
0.3 – 1.5 Luftwechsel/Stunde



**Fenster ganz offen**  
9 – 15 Luftwechsel/Stunde



**Fenster gekippt, kein Rollläden**  
0.8 – 4 Luftwechsel/Stunde



**2 gegenüberliegende Fenster**  
ca. 40 Luftwechsel/Stunde



**Fenster halb offen**  
5 – 10 Luftwechsel/Stunde



Abb. 19: Varianten der Fensterlüftung und ihre Effizienz, gemessen an der Anzahl Luftwechsel pro Stunde.



## ANHANG

## Beschreibung der für die erweiterte Betrachtung (ab Seite 12) getroffenen Annahmen

Annahmen	Beschreibung
<b>Fenstergrösse</b>	
Fensterfläche 10 % von NGF	Dachfenster 2 m <sup>2</sup>
Fensterfläche 20 % von NGF	Dachfenster 2 m <sup>2</sup> + Balkonfenstertüre 2 m <sup>2</sup> in Aussenwand Ost
Fensterfläche 30 % von NGF	Dachfenster 2 m <sup>2</sup> + Balkonfenstertüre 4 m <sup>2</sup> in Aussenwand Ost
<b>Beschattung</b>	
$g = 0.12$	2-IV-Wärmeschutzverglasung + Aussenlamellenstoren
$g = 0.30$	2-IV-Wärmeschutzverglasung + Markisen aussen
$g = 0.60$	2-IV-Wärmeschutzverglasung ohne Beschattung
<b>Interne Wärmelasten</b>	
$q_i = 5 \text{ W/m}^2$	normale Nutzung (1 Person, kleiner TV/Radio, moderate Beleuchtung)
$q_i = 10 \text{ W/m}^2$	mittlere Nutzung (1 Person, grosser TV/Radio, Arbeitspult, Laptop, konventionelle Beleuchtung)
$q_i = 15 \text{ W/m}^2$	intensive Nutzung (2 Personen, grosser TV/Radio, Arbeitsplatz mit PC und Bildschirm, Halogenbeleuchtung)
<b>Nachtlüftung</b>	
3-facher Luftwechsel/h	$n_{L,N} = 3 \text{ LW/h}$
1.5-facher Luftwechsel/h	$n_{L,N} = 1.5 \text{ LW/h}$
Kein Luftwechsel	$n_{L,N} = 0 \text{ LW/h}$
<b>Dämmstandard der Bauteile</b>	
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0.30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Mindestanforderung Einzelbauteilnachweis nach SIA 380/1: 2016 «Thermische Energie im Hochbau»
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0.20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Mindestanforderung Einzelbauteilnachweis nach SIA 380/1: 2016 «Thermische Energie im Hochbau»
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0.10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Anforderung im Bereich MINERGIE-P®- oder Passivhaus-Standard
<b>Raumwärmespeicherkapazität</b>	
$C_{R/A_{NGF}} = 65 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$	Aussen- und Innenwände Mauerwerk, Aussenwand mit Aussendämmung; Decke und Steildach Holzkonstruktion, Steildach 2 x 12.5 mm Gipsfaser, Keramikboden
$C_{R/A_{NGF}} = 52 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$	Aussen- und Innenwände, Decke und Steildach Holzkonstruktion; innere Beplankungen 2 x 12.5 mm Gipsfaser, Keramikboden
$C_{R/A_{NGF}} = 31 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$	Aussen- und Innenwände, Decke und Steildach Holzkonstruktion; innere Beplankungen Wände 1 x 12.5 mm Gipsfaser, Steildach: Täfelung, Teppichbodenbelag
<b>Dämmstoffart in den Holzkonstruktionen</b>	
Holzfaser	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0.043 \text{ W/(m K)}$ ; spezifische Wärmespeicherkapazität $c = 1400 \text{ J/(kgK)}$ ; Rohdichte $\rho_a = 150 \text{ kg/m}^3$
Hanf	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0.040 \text{ W/(m K)}$ ; spezifische Wärmespeicherkapazität $c = 1400 \text{ J/(kgK)}$ ; Rohdichte $\rho_a = 40 \text{ kg/m}^3$
Mineralwolle	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_D = 0.035 \text{ W/(m K)}$ ; spezifische Wärmespeicherkapazität $c = 1030 \text{ J/(kgK)}$ ; Rohdichte $\rho_a = 20 \text{ kg/m}^3$

Abb. 20



# IMPRESSUM

## Impressum

### Projektleiter Arbeitsgruppe

Hanselmann Urs, Uzwil, Projektleiter Technik,  
Gebäudehülle Schweiz

### Arbeitsgruppe Technische Kommission Solar | Energie

Heim Manuel , Eschlikon TG  
Nussbaumer Reto, Pfäffikon SZ  
Bühler Urs, Hünenberg See ZG

### Grafik

Staub Nicole, Uzwil, Gebäudehülle Schweiz

### Herausgeber

GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ  
Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen  
Technische Kommission Solar | Energie  
Lindenstrasse 4  
9240 Uzwil  
T 0041 (0)71 955 70 30  
F 0041 (0)71 955 70 40  
[info@gebäudehülle.swiss](mailto:info@gebäudehülle.swiss)  
[gebäudehülle.swiss](http://gebäudehülle.swiss)

