

# Register 2

## Gebäudehülle

- **Überblick zu den Wärmeschutzanforderungen**  
(Ausgabedatum Juli 2023)
- **Vollzugshilfe „EN-102 Wärmeschutz von Gebäuden“**  
(Ausgabedatum Dezember 2018)
- **Vollzugshilfe „EN-112 Kühlräume“**  
(Ausgabedatum Dezember 2018)
- **Empfehlung „EN-131 Beheizte Gewächshäuser“**  
(Ausgabedatum Juni 2017)
- **Empfehlung „Beheizte Traglufthallen“**  
(Ausgabedatum Juni 2017)

# Überblick zu den Wärmeschutzanforderungen

Ausgabe Juli 2023

Die Anforderungen an den Wärmeschutz sind in den §§ 23 bis 30 EnergieV geregelt.

Speziell zu beachten sind folgende Anforderungen:

- Neubauten haben gemäss § 8 Energiegesetz Anforderungen zu erfüllen. Anstelle der Regelung "Höchstanteil nichterneuerbare Energie" gelten neu die entsprechenden Grenzwerte für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung für jede Gebäudekategorie (siehe Register 3). **Neubauten**
- Informationen zum Nachweisverfahren "TG-Light" (Vereinfachter Nachweis) sind im Register 3 zu finden. **TG-Light**
- Bei Neubauten und tiefgreifenden Umbauten der öffentlichen Hand ist der Minergie-Standard oder vergleichbare Standards einzuhalten. Der Kanton erstellt seine Neubauten im Minergie-P oder -A Standard oder vergleichbare Standards. **Öffentliche Gebäude**  
Bei kleineren Umbauten sind beim Wärmeschutz folgende U-Werte einzuhalten (§ 4a Abs.5 EnergieV):
  - Opake Bauteile gegen Aussenklima: 0.15 W/m<sup>2</sup>K
  - Fenster gegen Aussenklima: 0.80 W/m<sup>2</sup>K
  - Opake Bauteile gegen unbeheizt: 0.20 W/m<sup>2</sup>K.
- Beim Systemnachweis nach der Norm SIA 380/1 (Ausgabe 2016) sind die Daten der Klimastation Güttingen zu verwenden. **Klimastation Güttingen**
- Die Befreiungen und Erleichterungen sind in § 28 EnergieV geregelt. Werden Bauten auf weniger als 10°C aktiv beheizt (Kühlräume ausgenommen), sind im Minimum die u-Werte aus der SIA Norm 180, Ausgabe 2014 einzuhalten. **Befreiung/Erleichterungen**

Bauteil	Bauteil gegen	Aussenklima oder im Erdreich bis 2 m	unbeheizte Räume	mehr als 2 m im Erdreich <sup>1)</sup>
Dach		0,4 <sup>2)</sup>	0,5	0,6
Wand		0,4 <sup>3)</sup>	0,6	0,6
Fenster, Fenstertüren, Türen, Tore		2,4 <sup>3)</sup>	2,4	–
Rollladenkasten		2,0	2,0	–
Boden		0,3 <sup>4)</sup>	0,6	0,6

- Beheizte Traglufthallen, zur Überdachung von bestehenden Sportanlagen, sind gemäss der Empfehlung EN-132 „Beheizte Tragluft- **Traglufthallen**

hallen“ der Energiefachstellenkonferenz zu planen und auszuführen.  
Für die Erstellung von beheizten Traglufthallen ist in jedem Fall eine  
Ausnahmebewilligung nötig.

## Vollzugshilfe EN-102

# Wärmeschutz von Gebäuden

Ausgabe Dezember 2018 (Basis: Norm SIA 380/1, Ausgabe 2016)

## Inhalt und Zweck

Diese Vollzugshilfe behandelt die Anforderungen an den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz. Erstere basiert auf der Norm SIA 380/1 „Heizwärmebedarf“, Ausgabe 2016. Es gelten die dort festgelegten Definitionen, Grundsätze, Rechenverfahren und Parameter. Diese Vollzugshilfe enthält zusätzliche Erläuterungen und allenfalls Erleichterungen oder Vereinfachungen für den Vollzug.

Diese Vollzugshilfe ist wie folgt gegliedert:

1. Geltungsbereich, Stand der Technik
2. Winterlicher Wärmeschutz
3. Energiebezugsfläche
4. Abgrenzung Umbau und Umnutzung zu Neubau
5. Einzelbauteilnachweis Neubau
6. Einzelbauteilnachweis Umbau und Umnutzung
7. Systemnachweis
8. Sommerlicher Wärmeschutz

## 1. Geltungsbereich, Stand der Technik

*Die Anforderungen gelten bei:*

- a) Neubauten, welche beheizt, gekühlt oder befeuchtet werden;*
- b) Umbauten und Umnutzungen von bestehenden Gebäuden, welche beheizt, gekühlt oder befeuchtet werden, auch wenn diese Massnahmen baurechtlich nicht bewilligungspflichtig sind. Die zuständige Behörde kann die Anforderungen reduzieren, wenn dadurch ein öffentliches Interesse besser geschützt werden kann.*

*Anbauten und neubauartige Umbauten wie Auskernungen und dergleichen gelten als Neubauten und haben die Anforderungen für Neubauten zu erfüllen.*

**Anwendbarkeit der Anforderungen**

Für Neubauten und Erweiterungen von bestehenden Gebäuden (Aufstockungen, Anbauten etc.) werden zusätzliche Anforderungen an die Deckung des Wärmebedarfes von Neubauten gestellt (siehe Vollzugshilfe EN-101).

**Energiebedarf bei Neubauten**

<b>Luftdichtheit</b>	Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle bestehen lediglich im Rahmen der allgemeinen Forderung nach Fachgerechtigkeit des Gebäudes. Diesbezüglich sind die Grundsätze der Norm SIA 180 zu beachten.
<b>Raumlufthygiene</b>	In der Norm SIA 180 wird für jeden Bau ein Lüftungskonzept verlangt. Im Formular EN-102 (a oder b) ist zu deklarieren, wie die Raumlufthygiene gewährleistet werden soll.
<b>Begriff Umbau / Umnutzung</b>	Diese Begriffe decken sich nicht unbedingt mit den kantonalen Gepflogenheiten. Umbauten werden in einzelnen Kantonen z.B. als Sanierungen, Renovationen, Modernisierungen, Restaurierungen bezeichnet.
<b>Provisorisch bewilligte Bauten</b>	Bei provisorisch bewilligten Bauten mit einer maximal auf drei Jahre befristeten Baubewilligung sind Erleichterungen möglich. Diese Erleichterungen gelten nur einmalig. Werden solche Bauten andernorts wieder aufgestellt (z.B. Fertigbauten für Schulräume), sind die Wärmeschutzanforderungen einzuhalten. <sup>1</sup>
<b>Saisonal errichtete Bauten</b>	Bei regelmässig für die Heizsaison errichteten Bauten können unter Umständen die «normalen» Anforderungen an Neubauten nicht eingehalten werden (z.B. Tennis-Traglufthallen). Die Bewilligung für solche Bauten ist in der Regel nicht zeitlich beschränkt, so dass diese nicht als «provisorisch errichtete Bauten» gelten. Ein Gesuch um Erleichterungen von den Anforderungen ist vom Gesuchsteller einzureichen und zu begründen (siehe Empfehlung «EN-132 Beheizte Traglufthallen» der EnFK).

## 2. Winterlicher Wärmeschutz

### 2.1 Anforderungen

<b>Grundsatz</b>	<i>Die Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden richten sich – ausser bei Kühlräumen, Gewächshäusern und Traglufthallen – nach den Tabellen 2–5 in den Kapiteln 5–7.</i>
------------------	---

### 2.2 Erläuterungen

<b>Kühlräume</b>	Die Anforderungen an Kühlräume werden in der Vollzugshilfe EN-112 «Kühlräume» dargelegt.
<b>Gewächshäuser</b>	Die Anforderungen an Gewächshäuser werden in der Empfehlung EN-131 «Beheizte Gewächshäuser» mitsamt einem Beispiel dargelegt.
<b>Traglufthallen</b>	Die Anforderungen an Traglufthallen werden in der Empfehlung EN-132 «Beheizte Traglufthallen» dargelegt.

---

<sup>1</sup> Provisorische Bauten sind nicht in allen Kantonen gleich geregelt.

Die Vorschriften lassen der Bauherrschaft die Wahl zwischen den zwei Nachweisverfahren *Einzelbauteilnachweis* und *Systemnachweis* mit zwei Ausnahmen: Bei Vorhangfassaden und bei Sonnenschutzgläsern mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad kleiner als 0,3 kann der Einzelbauteilnachweis nicht angewendet werden (s. Norm SIA 380/1, Ziffer 2.2.1.4).

**Wahl des Nachweisverfahrens**

Der Nachweis mit Einzelbauteilanforderungen legt die maximal zulässigen U-Werte für jedes einzelne Bauteil fest. Dieses Verfahren ist einfacher als die Berechnung des Heizwärmebedarfs mit dem Systemnachweis. Können Grenzwerte von einzelnen U-Werten und/oder Wärmebrücken nicht eingehalten werden, ist zwingend ein Systemnachweis notwendig.

**Einzelbauteilnachweis**

Die Norm SIA 380/1 bietet die Grundlage für die technische und wirtschaftliche Optimierung des Wärmeschutzes über die ganze Gebäudehülle. Die Systemanforderung gibt das Ziel vor. Bei den einzelnen Bauteilen können die U-Werte - innerhalb gewisser bauphysikalischer Grenzen – frei gewählt werden (siehe Norm SIA 380/1, Ziffer 0.3.4).

**Systemnachweis**

Räume, die aktiv beheizt werden (neue Bezeichnung gemäss SIA: «konditionierter Raum»), müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen. Unbeheizte Räume können in die thermische Gebäudehülle einbezogen werden, sie werden dann als «nicht aktiv beheizt» («nicht aktiv konditionierter Raum») bezeichnet. Dies ist dann zweckmässig, wenn dadurch Wärmebrücken vermieden werden können.

**Thermische Gebäudehülle**

Die flächenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) berechnen sich nach der Norm SIA 180, Ausgabe 2014 (Ziffer 4.2, nur Verweis auf EN-Normen). Für gebräuchliche opake Konstruktionen können die U-Werte auch direkt der Broschüre «U-Werte-Katalog Einfache Bestimmung des U-Werts von Bauteilen» entnommen werden (Bezugsquelle: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)). Baustoffkennwerte: Das SIA-Register ([www.sia.ch/register](http://www.sia.ch/register)) enthält die deklarierten Werte der Wärmeleitfähigkeit von Wärmedämmstoffen, Mauerwerksprodukten und weiteren wärmetechnisch relevanten Baustoffen sowie Angaben zu allgemeinen Baustoffen.

**U-Wert-Berechnung**

Die aktuellen Kennwerte und Berechnungsverfahren (z.B. U-Wert Normfenster, g-Wert) sowie die Normgrösse können dem «Merkblatt Fenster» der Konferenz Kantonalen Energiefachstellen und EnergieSchweiz entnommen werden ([www.endk.ch](http://www.endk.ch)). Auf der Homepage [www.endk.ch](http://www.endk.ch) ist auch ein Berechnungshilfsmittel verfügbar.

**Fenster**

Wärmebrücken sind gemäss den Rechenmethoden des SIA einzubeziehen. Dazu stehen verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung, voran die «*Checkliste Wärmebrücken*» ([www.endk.ch](http://www.endk.ch)). Diese enthält neben Erklärungen auch die nötigen Angaben für einen Nachweis. Im Systemnachweis sind die Wärmebrücken gemäss Norm SIA 380/1 einzurechnen.

**Wärmebrücken**

Räume ausserhalb der thermischen Gebäudehülle, die durch Abwärme erwärmt werden, gelten trotzdem als «unbeheizt». Sie dürfen keine Einrichtungen zur aktiven Wärmeabgabe enthalten. Heizungs- und Warmwasserinstallationen sind in jedem Fall gegen Wärmeverluste zu schützen.

**Abwärme in unbeheizten Räumen**

**Entfeuchtung von unbeheizten Räumen**

Zur Entfeuchtung unbeheizter Räume (z.B. im Keller) werden meist Kondensationsluftentfeuchtergeräte eingesetzt. Wird stattdessen ein Adsorptionsentfeuchter eingesetzt, so ist zu berücksichtigen, dass dieser einen Luffterhitzer enthält (bei kleinen Anlagen in der Regel eine elektrische Widerstandsheizung). Ohne Wärmerückgewinnung zwischen Aussenluft- und Fortluftkanal werden die Anforderungen an die Wärmerückgewinnung verletzt (vgl. Vollzugshilfe EN-105, Kap. 2), der Luffterhitzer führt zudem zu einer Raumerwärmung, was ausserhalb der thermischen Gebäudehülle nicht zulässig ist (zu Elektroheizungen vgl. zudem Vollzugshilfe EN-103, Kap. 3). Damit die Anforderungen an Lüftungstechnische Anlagen erfüllt werden und der elektrische Luffterhitzer nicht zur elektrischen Raumheizung dient, ist eine Wärmerückgewinnung zwischen Aussenluft- und Fortluftkanal einzusetzen.

### 3. Energiebezugsfläche

**Definition Energiebezugsfläche**

Die Energiebezugsfläche (Abkürzung: EBF, Symbol:  $A_E$ ) ist die Summe aller ober- und unterirdischen Geschossflächen, für deren Nutzung ein Beheizen oder Klimatisieren (Konditionierung) notwendig ist. Geschossflächen mit einer lichten Raumhöhe kleiner als 1,0 m zählen nicht zur Energiebezugsfläche  $A_E$  (ein Beispiel dazu siehe Norm SIA 380:2015, Ziffer 3.2). Die Energiebezugsfläche  $A_E$  wird *brutto*, das heisst mit den äusseren Abmessungen, gemessen.

**Zur EBF gehörende Räume**

Zur Energiebezugsfläche zählen die den Hauptnutzflächen  $A_{HNF}$ , den Verkehrsflächen  $A_{VF}$  (ausser den Fahrzeugverkehrsflächen inkl. Fahrzeugrampen und Fahrzeugaufzüge) und den Flächen der Sanitärräume und Garderoben (Teile der Nebennutzflächen  $A_{NNF}$ ) entsprechenden Geschossflächen, sofern diese Flächen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen. Das gilt auch, wenn sie nicht aktiv beheizt sind wie zum Beispiel:

- Treppenhäuser und Korridore, falls gegen Aussenluft abgeschlossen;
- Schlafzimmer (wie alle übrigen Räume);
- Bastelräume, disponible Räume usw.;
- Ver- und Entsorgungsschächte sowie Abstellräume kleiner  $10 \text{ m}^2$ , die von Räumen, die zur Energiebezugsfläche zählen, oder von der thermischen Gebäudehülle umgeben sind.

**Nicht zur EBF gehörende Räume**

Nicht zur Energiebezugsfläche zählen die den Nebennutzflächen  $A_{NNF}$  (ausser Sanitärräume und Garderoben), den Fahrzeugverkehrsflächen (inkl. Fahrzeugrampen und Fahrzeugaufzüge) und den Funktionsflächen  $A_{FF}$  entsprechenden Geschossflächen, auch wenn sie innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen und beheizt sind:

- Abstellräume  $> 10 \text{ m}^2$ ;
- Fahrzeugabstellflächen;
- Fahrgastflächen (Bahnsteige, Flugsteige inkl. dazugehörige Zugänge, Treppen und Rollsteige);
- Schutzräume (Räume für den zivilen Bevölkerungsschutz, auch wenn zeitweilig anders genutzt);

- Räume für betriebstechnische Anlagen für die Ver- und Entsorgung des Bauwerkes selbst inkl. der unmittelbar zum Betrieb gehörigen Flächen für Brennstoffe, Löschwasser, Abwasser und Abfallbeseitigung, Hausanschlussräume, Installationsräume, -schächte und -kanäle sowie Räume für grosse, meist saisonale Energiespeicher.

Innerhalb des Dämmperimeters (Thermische Hülle)				Ausserhalb des Dämmperimeters
nicht aktiv beheizt, aber Beheizung «sonst üblich»	aktiv beheizt		nicht aktiv beheizt	
zählt zur Energiebezugsfläche EBF		zählt nicht zur Energiebezugsfläche EBF		
Beispiele: • Treppe • Lift • Korridor • Bastelraum	Beispiele: • Wohnzimmer • Schlafzimmer • Küche • Badezimmer	Beispiele: • Trockenraum entfeuchtet • Waschraum entfeuchtet • Nebenräume	Beispiele: • Trockenraum entfeuchtet • Waschraum entfeuchtet • Pufferräume • Kellerräume	Beispiele: • Trockenraum nicht entfeuchtet • Waschraum nicht entfeuchtet • Kellerräume • Garage

Tabelle 1: Zuteilung Energiebezugsfläche (Quelle: SIA Doku 0221)

In Anwendung der SIA 380/1:2016 Anhang C dürfen die in der nachfolgenden Grafik orange markierten Flächen gegen das nicht aktiv beheizte Geschoss vereinfacht mit einem äquivalenten U-Wert von 2,5 W/(m<sup>2</sup>•K) gegen aussen berechnet werden:

**Treppenhäuser und Aufzugschächte**

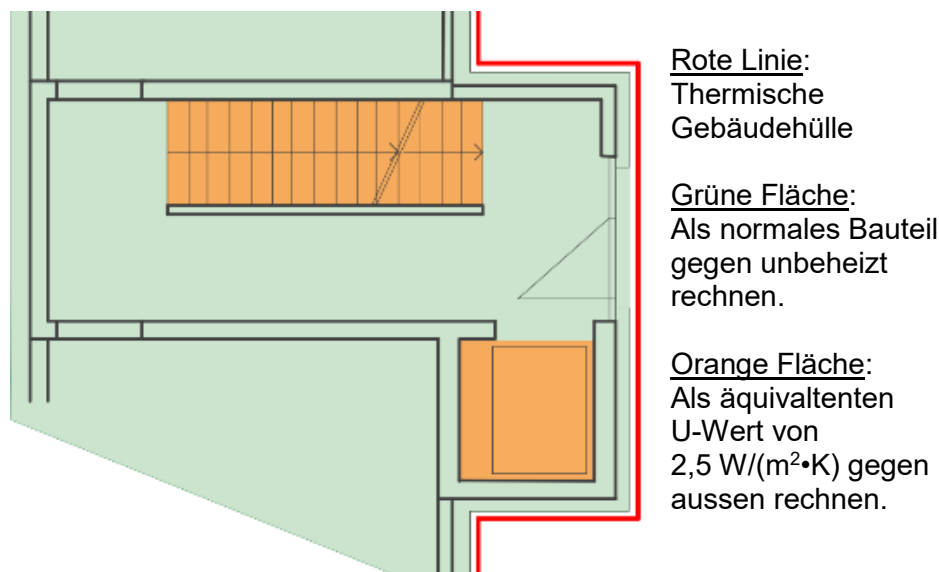


Abbildung 1: Beispiel für vereinfachte Flächenberechnung von Treppenhäusern und Aufzugschächte.



## 4. Abgrenzung Umbau / Umnutzung zu Neubau

<b>Grundsatz</b>	Bei bestehenden Bauten werden zwei Arten von Vorhaben unterschieden: <ul style="list-style-type: none"><li>• Anbauten, Aufstockungen und neubauartige Umbauten.</li><li>• Umbauten und Umnutzungen.</li></ul> Die unterschiedlichen Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle sind nachfolgend für beide Fälle beschrieben.
<b>Anbauten, Aufstockungen und neubauartige Umbauten</b>	Anbauten und Aufstockungen (Vergrösserung des Gebäudevolumens) sowie neubauartige Umbauten (z.B. Auskernungen) sind wie Neubauten zu behandeln.
<b>Definition «Vom Umbau betroffene Bauteile»</b>	Vom Umbau betroffen ist ein Bauteil, wenn daran im Zuge des Umbaus mehr als blosser Reparatur- und Unterhaltsarbeiten (wie Reinigen, Malen, Reparatur Aussenputz) vorgenommen werden. Wird z.B. der Aussenputz vollflächig ersetzt, gelten diese Gebäudehüllenpartien als «vom Umbau betroffen».
<b>Definition „neues Bauteil beim Umbau“</b>	Von einem «neuen Bauteil» bei einem Umbau spricht man, wenn das Bauteil neu erstellt wird. Typische Beispiele sind Fenster, wo in der Regel das ganze Bauteil ersetzt wird, oder neue Trennwände zwischen aktiv beheizten und unbeheizten Räumen. Diese neuen Bauteile müssen die Anforderungen für Neubauten einhalten.
<b>Definition Umnutzung</b>	Bei Umnutzungen gelten alle Bauteile der umgenutzten Räume als betroffen, wenn die Umnutzung mit einer Erhöhung oder Absenkung der Raumtemperatur verbunden ist, auch wenn keine eigentlichen Umbauarbeiten vorgesehen sind. Es sind die Anforderungen an Umbauten einzuhalten, sobald eine Umnutzung eine Änderung der Temperaturdifferenz über die «Thermische Gebäudehülle» bewirkt.
<b>Anforderungen bei Umbauten und Umnutzungen</b>	Bei Umbauten und Umnutzungen wird beim Einzelbauteilnachweis bei den opaken Bauteilen zwischen neuen Bauteilen (es gelten die Einzelanforderungen für Neubauten) und betroffenen Bauteilen (es gelten die Einzelanforderungen für Umbauten) unterschieden. Ein Systemnachweis ist ebenfalls möglich.
<b>Unterschied zu Neubauanforderungen</b>	Die Unterschiede der Anforderungen bei Umbauten und Umnutzungen gegenüber den Anforderungen bei Neubauten lassen sich wie folgt zusammenfassen:
<b>Anforderungen nur bei betroffenen Bauteilen</b>	1. Die Einzelanforderungen müssen nur bei denjenigen Bauteilen eingehalten werden, die vom Umbau betroffen (Grenzwerte Umbau) oder neu sind, d.h. ersetzt oder neu erstellt werden (Grenzwerte Neubau). An Stelle der Einhaltung der Einzelanforderungen kann ein Systemnachweis erstellt werden.
<b>Abgrenzung des Umbauteils</b>	2. Anders als bei Neubauten ist die Abgrenzung bei Umbauten nicht immer klar, weil häufig nur einzelne Teile des Umbauvorhabens bewilligungspflichtig sind. Es ist dem Gesuchsteller freigestellt, auch

Gebäudeteile in den Systemnachweis (Heizwärmebedarfsberechnung nach Norm SIA 380/1) einzubeziehen, an denen keine Umbau- oder Sanierungsarbeiten vorgesehen sind. Dies kann den Vorteil mit sich bringen, dass bereits gut gedämmte Bauteile (Kellerdecke, Estrichboden usw.) in die Nachweisberechnung eingehen. Der Systemnachweis für Umbauten und Umnutzungen hat mindestens alle Räume zu umfassen, die Bauteile aufweisen, die vom Umbau oder von der Umnutzung betroffen werden.

- Bei Umbauten und Umnutzungen empfiehlt die Norm SIA 380/1, Ziffer 2.2.3.3, lediglich, dass Wärmebrücken, deren flankierende Bauelemente von einem Umbau betroffen sind, soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, saniert werden sollen. Beim Einzelbauteilnachweis gelten aber keine Grenzwerte für die Wärmebrücken. Hingegen sind sie bei einem Systemnachweis in den Heizwärmebedarf einzurechnen.

**Wärmebrücken**

Neben den Umbauvorhaben, für die bei der Baubehörde ein Baugesuch einzureichen ist, gibt es eine Vielzahl von kleinen Umbauvorhaben namentlich Sanierungs- und Reparaturarbeiten sowie Ersatz von Bauteilen, die ohne Baubewilligungsverfahren durchgeführt werden können. Auch bei solchen Umbau- und Sanierungsarbeiten müssen die Bau- und Wärmedämmvorschriften unter Berücksichtigung allfälliger kantonaler Kriterien eingehalten werden.

**Sanierungsarbeiten ohne Baubewilligung**

Wenn bei Umbauvorhaben die Gebäudehülle nicht tangiert wird oder lediglich untergeordnete Sanierungsarbeiten wie Malen oder Tapezieren vorgenommen werden, ist eine wärmetechnische Verbesserung der Gebäudehülle nicht vorgeschrieben, da keine «vom Umbau betroffenen Bauteile» (im Sinne der Einzelanforderungen) vorhanden sind. Typische Beispiele solcher Vorhaben sind etwa reine Küchen- und Badezimmer-Erneuerungen.

**Keine Veränderung der Gebäudehülle**

Bisher unbeheizte Räume, die neu als aktiv beheizte Wohn- oder Bastelräume genutzt werden, müssen die Umbau-Anforderungen erfüllen. Wenn Umnutzungen von bestehenden, unbeheizten Kellerräumen oder eines unbeheizten Estrich keine Vergrösserung des bestehenden Gebäudevolumens bewirken (d.h. weder Anbau noch Aufstockung), dann gelangen die in Vollzugshilfe EN-101 beschriebenen Anforderungen an die Deckung des Wärmebedarfs nicht zur Anwendung.

**Umnutzung von Kellerräumen / Estrich**

Abgrenzungsbeispiele und Erklärungen finden sich in der Vollzugshilfe EN-106 «Definition Bauteilflächen».

**Abgrenzungsbeispiele**

## 5. Einzelbauteilnachweis Neubau

### 5.1 Anforderungen

#### Neubauten und neue Bauteile

Für Neubauten und für neue Bauteile bei Umbauten und Umnutzungen gelten die folgenden Anforderungen:

Bauteil gegen Bauteil	Grenzwerte $U_{ii}$ in $W/(m^2 \cdot K)$	
	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
opake Bauteile Dach, Decke, Wand, Boden	0,17	0,25
Fenster, Fenstertüren	1,0	1,3
Türen	1,2	1,5
Tore (SIA 343)	1,7	2,0
Storenkasten	0,50	0,50

Tabelle 2: Grenzwerte für flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten bei 20 °C Raumtemperatur.

#### Grenzwerte Wärmebrücken

Für alle Wärmebrücken gelten die folgenden Anforderungen:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi'$	Grenzwert $\psi'_{li}$ $W/(m \cdot K)$
Typ 1: Auskragungen in Form von Platten oder Riegeln	0,30
Typ 2: Unterbrechung der Wärmedämmschicht durch Wände, Böden oder Decken	0,20
Typ 3: Unterbrechung der Wärmedämmschicht an horizontalen oder vertikalen Gebäudekanten	0,20
Typ 5: Fensteranschlag	0,15
Punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\chi$	Grenzwert $\chi_{li}$ $W/K$
Typ 6: Punktuelle Durchdringungen der Wärmedämmung	0,30

Tabelle 3: Grenzwerte für Wärmebrücken.

### 5.2 Erläuterungen

#### Zulässige U-Werte

Beim Nachweis mit Einzelbauteilen ist jede einzelne Anforderung einzuhalten. Können Grenzwerte von einzelnen U-Werten und/oder Wärmebrücken nicht eingehalten werden, ist zwingend ein Systemnachweis notwendig.

Weicht die Raumtemperatur gemäss Standardnutzung SIA 380/1 von 20 °C ab, sind die Grenzwerte bei erhöhter Raumtemperatur strenger. Bei niedrigerer Raumtemperatur sind dementsprechend weniger strenge Grenzwerte einzuhalten (siehe Norm SIA 380/1, Ziffer 2.2.2.5).

**Anpassung der Grenzwerte**

Die U-Werte des Fensters für den Einzelbauteilnachweis beziehen sich auf ein Fenster mit Normmass (siehe Norm SIA 380/1, Ziffer 2.2.2.3).

**Fenster U-Werte**

## 6. Einzelbauteilnachweis Umbau und Umnutzung

### 6.1 Anforderungen

*Für alle vom Umbau oder von der Umnutzung betroffenen Bauteile gelten die folgenden Anforderungen:*

**Umbau oder Umnutzung**

Bauteil gegen Bauteil	Grenzwerte $U_{ji}$ in $W/(m^2 \cdot K)$	
	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
opake Bauteile: Dach, Decke, Wand, Boden	0,25	0,28
Fenster, Fenstertüren	1,0	1,3
Türen	1,2	1,5
Tore (SIA 343)	1,7	2,0
Storenkasten	0,50	0,50

*Tabelle 4: Grenzwerte für flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten von Umbauten und Umnutzungen bei 20 °C Raumtemperatur.*

### 6.2 Erläuterungen

Beim Nachweis mit Einzelbauteilen ist jede einzelne Anforderung einzuhalten. Können Grenzwerte von einzelnen U-Werten nicht eingehalten werden, ist zwingend ein Systemnachweis notwendig.

**Zulässige U-Werte**

Weicht die Raumtemperatur gemäss Standardnutzung Norm SIA 380/1 von 20 °C ab, sind die Grenzwerte bei erhöhter Raumtemperatur strenger. Bei niedrigerer Raumtemperatur sind dementsprechend weniger strenge Grenzwerte einzuhalten (siehe Norm SIA 380/1, Ziffer 2.2.2.5).

**Anpassung der Grenzwerte**

Bei Umbauten und Umnutzungen empfiehlt die Norm SIA 380/1, Ziffer 2.2.3.3, lediglich, dass Wärmebrücken, deren flankierende Bauelemente von einem Umbau betroffen sind, soweit technisch möglich und

**Wärmebrücken**

wirtschaftlich vertretbar, saniert werden sollen. Beim Einzelbauteilnachweis gelten aber keine Grenzwerte für die Wärmebrücken.

### Milderung der Anforderungen

Wenn aus bauphysikalischen oder denkmalpflegerischen Gründen die Anforderungen an einzelne Bauteile nicht eingehalten werden können, ist aufzuzeigen, wie unter Einbezug von Verbesserung an nicht vom Umbau betroffenen Bauteilen die Systemanforderungen für Umbauten eingehalten werden. Erst auf dieser Grundlage ist es der Baubehörde möglich, allenfalls Erleichterungen zu gewähren.

## 7. Systemnachweis

### 7.1 Anforderungen

#### Klimastation

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs  $Q_H$  sind die vom entsprechenden Kanton vorgegebenen Klimadaten zu verwenden.

#### Grenzwerte Heizwärmebedarf

Die Berechnung der Anforderung  $Q_{H,li}$  erfolgt mit folgenden Werten:

Gebäudekategorie		Grenzwerte für Neubauten		
		$Q_{H,li0}$ kWh/m <sup>2</sup>	$\Delta Q_{H,li}$ kWh/m <sup>2</sup>	$p_{H,li}$ W/m <sup>2</sup>
I	Wohnen MFH	13	15	20
II	Wohnen EFH	16	15	25
III	Verwaltung	13	15	25
IV	Schule	14	15	20
V	Verkauf	7	14	
VI	Restaurant	16	15	
VII	Versammlungslokal	18	15	
VIII	Spital	18	17	
IX	Industrie	10	14	
X	Lager	14	14	
XI	Sportbaute	16	14	
XII	Hallenbad	15	18	

Tabelle 5: Grenzwerte Heizwärmebedarf (Jahresmitteltemperatur +9.4°C) und die spez. Heizleistung (bei -8°C Auslegungstemperatur)

#### Grenzwert für Umbau und Umnutzung

Der Grenzwert für Umbauten und Umnutzungen  $Q_{H,li,reb}$  beträgt das 1,5-fache des Grenzwerts für Neubauten  $Q_{H,li}$ .

#### Umbau und Umnutzung

Der Systemnachweis für Umbauten und Umnutzungen hat alle Räume zu umfassen, die Bauteile aufweisen, die vom Umbau oder von der Umnutzung betroffen werden. Die vom Umbau oder der Umnutzung nicht betroffenen Räume können ebenfalls in den Systemnachweis einbezogen werden. Der Heizwärmebedarf darf den in früher erteilten Baubewilligungen, direkt oder indirekt über Einzelanforderungen, geforderten Grenzwert nicht überschreiten.

Die spezifische Heizleistung (Heizleistungsbedarf bezogen auf die Energiebezugsfläche) bei Auslegungstemperatur kann nach Norm SIA 384.201 oder nach Norm SIA 384/3 bestimmt werden. Sie kann vereinfachend mit der Innentemperatur über das ganze Gebäude entsprechend Norm SIA 380/1 ermittelt werden, dabei sind die effektiven Lüftungsverluste zu berücksichtigen (d.h. eine WRG kann angerechnet werden). Die Anpassung des Grenzwerts  $p_{H,li}$  (siehe Tabelle oben) erfolgt entsprechend dem Verhältnis der Differenz zwischen der Innentemperatur und der Auslegungstemperatur zur Differenz Innentemperatur zu  $-8\text{ °C}$  – vorausgesetzt die Auslegungstemperatur ist tiefer als  $-8\text{ °C}$ . Das Rechenverfahren für die Anpassung der Auslegungstemperatur ist in der Norm SIA 384.201 (Anhang ND.1) vorgegeben.

**Spezifische Heizleistung**

## 7.2 Erläuterungen

Die Einhaltung der bauphysikalisch notwendigen U-Werte liegt in der Verantwortung der Planerin oder des Planers. Die Norm SIA 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden», Ausgabe 2014, definiert die entsprechenden Anforderungen.

**Norm SIA 180**

Der Heizwärmebedarf wird in der Regel mit einem zertifiziertem EDV-Programm berechnet. Diese Berechnungen sind als Beilage zum offiziellen Formular EN-102b «Energienachweis – Wärmedämmung – Systemnachweis» anzufügen. Zum Nachweis gehören auch Grundrisspläne, Schnitte und Fassaden, worin die zur Berechnung verwendeten Konstruktionen und die beheizten Flächen (EBF) einzutragen sind. Es ist auch nachzuweisen, dass das beheizte Volumen von einer lückenlos geschlossenen Gebäudehülle umfasst ist.

**Form des Nachweises**

Ohne speziellen Nachweis sind für die Bestimmung von  $F_{S1}$  (Verschattungsfaktor Horizont zur Berücksichtigung der Minderung der Sonnenstrahlung) folgende Werte zu verwenden:

**Verschattungsfaktor bei Fenstern**

- wenn die Zonenvorschrift drei- oder mehrgeschossige Nachbarbauten zulässt oder wenn die Nachbarbauten höher sind als der zu berechnende Bau: Horizontwinkel  $\alpha = 30^\circ$
- andernfalls Horizontwinkel  $\alpha = 20^\circ$

Um die Berechnung der Länge der Wärmebrücken beim Fensteranschlag zu vereinfachen, ist es zulässig, eine Wärmebrückenlänge von 3 m pro Quadratmeter Fensterfläche einzusetzen. (s. Norm SIA 380/1, Ziffer 3.5.3.4).

**Wärmebrücken Fensteranschlag**

*Hersteller, die bescheinigen können, dass ihr Programm die Anforderungen der Konferenz kantonaler Energiefachstellen einhält, erhalten eine Zertifizierungsnummer und werden in eine Liste aufgenommen ([www.endk.ch](http://www.endk.ch) >Fachleute >Hilfsmittel >Informationen).*

**SIA 380/1-Software**

## 8. Sommerlicher Wärmeschutz

### 8.1 Anforderungen

<b>Gekühlte Räume</b>	<i>Bei gekühlten Räumen oder bei Räumen, bei welchen eine Kühlung notwendig oder erwünscht ist, sind die Anforderungen an den g-Wert, die Steuerung und die Windfestigkeit des Sonnenschutzes nach dem Stand der Technik einzuhalten.</i>
<b>Andere Räume</b>	<i>Bei den anderen Räumen sind die Anforderungen an den g-Wert des Sonnenschutzes nach dem Stand der Technik einzuhalten.</i>
<b>Befreiung</b>	<i>Von den Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz der Gebäudehülle sind befreit:</i> <i>a. Gebäude, deren Baubewilligung auf maximal 3 Jahre befristet ist (provisorische Gebäude);<sup>2</sup></i> <i>b. Umnutzungen, wenn damit keine Räume neu unter die Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes fallen;</i> <i>c. Vorhaben, für die mit einem anerkannten Rechenverfahren nachgewiesen wird, dass kein erhöhter Energieverbrauch auftreten wird;</i> <i>d. Gebäude der Kategorie XII und Räume, welche nicht dem längeren Aufenthalt von Personen dienen (unter einer Stunde pro Tag);</i> <i>e. Bauteile, die aus betrieblichen Gründen nicht ausgerüstet werden können.</i>
<b>Grundsatz</b>	Der sommerliche Wärmeschutz wird in Zukunft in Anbetracht der steigenden Komfortbedürfnisse und der steigenden Aussenlufttemperaturen immer wichtiger. Ein guter Sonnenschutz ist deshalb bei allen Räumen (inkl. Wohnbauten) Pflicht.
<b>Sonnenschutz</b>	Nachfolgend sind die Punkte aufgeführt, welche in einem typischen Fall zur Erfüllung der energierechtlichen Vorgaben einzuhalten sind: <ul style="list-style-type: none"><li>• g-Wert Sonnenschutz.</li><li>• Automatische Steuerung des Sonnenschutzes ist nötig, wenn eine Kältemaschine für die Kühlung eingebaut wird.</li><li>• Automatische Steuerung des Sonnenschutzes ist ebenfalls nötig, wenn gemäss Berechnung nach SIA 382/1:2014 eine Kühlung notwendig oder erwünscht ist.</li><li>• Eine Anforderung an die Windfestigkeit des Sonnenschutzes besteht nur bei den gleichen Kriterien wie für eine automatische Steuerung. Die Anforderung ergibt sich gemäss dem gewählten Berechnungsverfahren nach SIA 382/1:2014.</li></ul>
<b>Umnutzungen / Umbauten</b>	Wenn bei einer Umnutzung oder einem Umbau eine Klimaanlage eingebaut wird, ist ein Sonnenschutz notwendig. Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz müssen erfüllt werden.

---

<sup>2</sup> Provisorische Bauten sind nicht in allen Kantonen gleich geregelt.

## 8.2 Erläuterungen zum g-Wert

Die Anforderungen an den g-Wert basieren auf Norm SIA 180:2014 Verfahren 2 und sind bei allen Räumen einzuhalten. Wenn diese Anforderungen nicht eingehalten werden, ist Verfahren 1 oder Verfahren 3 anzuwenden.

**Anforderung g-Wert**

Bei Räumen ohne Kühlung und wo Kühlung gemäss SIA 382/1:2014 weder „erwünscht“ noch „notwendig“ ist, kann davon ausgegangen werden, dass mit einem aussenliegenden Sonnenschutz die Anforderungen erfüllt werden. Es gibt auch Systeme mit einem im Zwischenraum der Verglasung installierten Sonnenschutz, die nachweislich eine mit Aussenstoren vergleichbare Sonnenschutzwirkung erreichen.

**Räume ohne Kühlung**

Der Glasanteil  $f_g$  ist das Verhältnis der sichtbaren Glasfläche zur totalen äusseren Ansichtsfläche des betrachteten Fassadenausschnitts. Detaillierte Angaben befinden sich in Norm SIA 180, Ziffer 5.2.4.

**Glasanteil**

Fassadenfenster dürfen zusammen mit dem Sonnenschutz je nach Orientierung und Glasanteil  $f_g$  der Fassade die folgenden Werte an den Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{tot}$  nicht überschreiten (gemäss Norm SIA 180, Ziffer 5.2.4.1):

**Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{tot}$  Fassade**

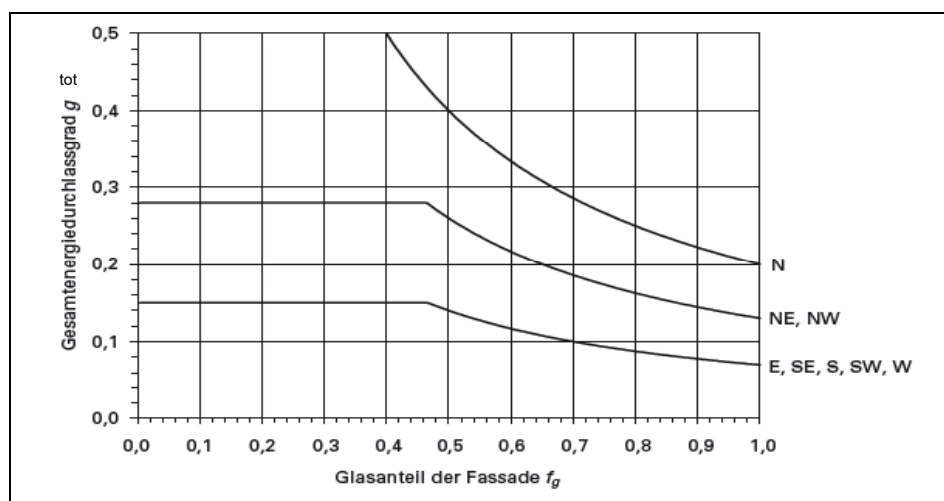


Abbildung 2: Anforderungen an den Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{tot}$  von Fassadenfenstern (Verglasung und Sonnenschutz) je nach Glasanteil und Orientierung. Quelle SIA 180, Figur 12

Dachflächenfenster und Oberlichter dürfen zusammen mit dem Sonnenschutz je nach Glasanteil  $f_g$  des Raumes die folgenden Werte an den Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{tot}$  nicht überschreiten (gemäss Norm SIA 180, Ziffer 5.2.4.8):

**Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{tot}$  Dachflächenfenster**



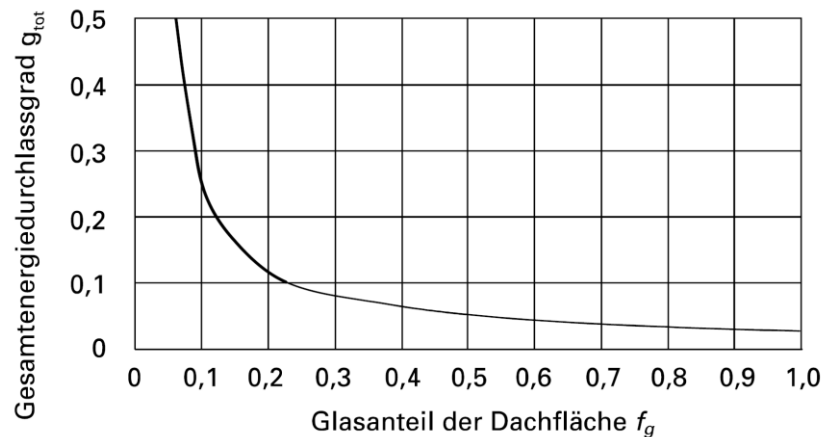


Abbildung 3: Anforderungen an den Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{\text{tot}}$  von Dachflächenfenstern und Oberlichtern (Verglasung und Sonnenschutz) je nach Glasanteil. Quelle SIA 180, Figur 13

### Ausnahmen Dachflächenfenster

Die Betrachtung erfolgt für die Summe aller Dachflächenfenster und Oberlichter des betrachteten Raumes. Bei grossem Glasanteil der Dachfläche ( $f_g > 0,25$ ) können diese Anforderungen mit einer konventionellen Beschattung eventuell nicht erfüllt werden. In diesem Fall ist die Wärme über eine Entlüftung abzuführen.

### Beispiele g-Werte

Exemplarische Beispiele des Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_{\text{tot}}$  waren in der Norm SIA 382/1:2007 aufgeführt:

Verglasung und Sonnenschutz (in 45°Stellung)	$U_g$ W/(m <sup>2</sup> K)	g -
Zweifachglas normal + Aussenlamellenstoren pastell	2,9	0,13
Zweifachglas normal + Innenlamellen hell	2,9	0,37
Zweifach-Wärmeschutzglas + Aussenlamellenstoren pastell	1,3	0,09
Zweifach-Wärmeschutzglas + Innenlamellen hell	1,3	0,40
Zweifach-Kombiglas 73/40 + Innenlamellen hell	1,2	0,32
Zweifach-Kombiglas 50/24 + Innenlamellen hell	1,1	0,23
Dreifachglas normal + Aussenlamellenstoren pastell	1,9	0,11
Dreifachglas normal + Innenlamellen hell	1,9	0,37
Dreifach-Wärmeschutzglas + Aussenlamellenstoren pastell	0,7	0,07
Dreifach-Wärmeschutzglas + Innenlamellen hell	0,7	0,36

Tabelle 6: Kennwerte typischer Verglasungen mit Sonnenschutz  
(Quelle: SIA 382/1:2007, Anhang C)

### 8.3 Erläuterungen Steuerung/Windfestigkeit

Der Sonnenschutz von Fassadenfenstern muss mindestens fassadenweise in Abhängigkeit von der jeweils gemessenen Globalstrahlung gesteuert werden. Wo innerhalb einer Fassadenfläche unterschiedliche Bestrahlungsverhältnisse bestehen, ist eine feinere Unterteilung nötig. Eckbüros ist bei der Planung der Steuerung des Sonnenschutzes besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

**Steuerung des Sonnenschutzes**

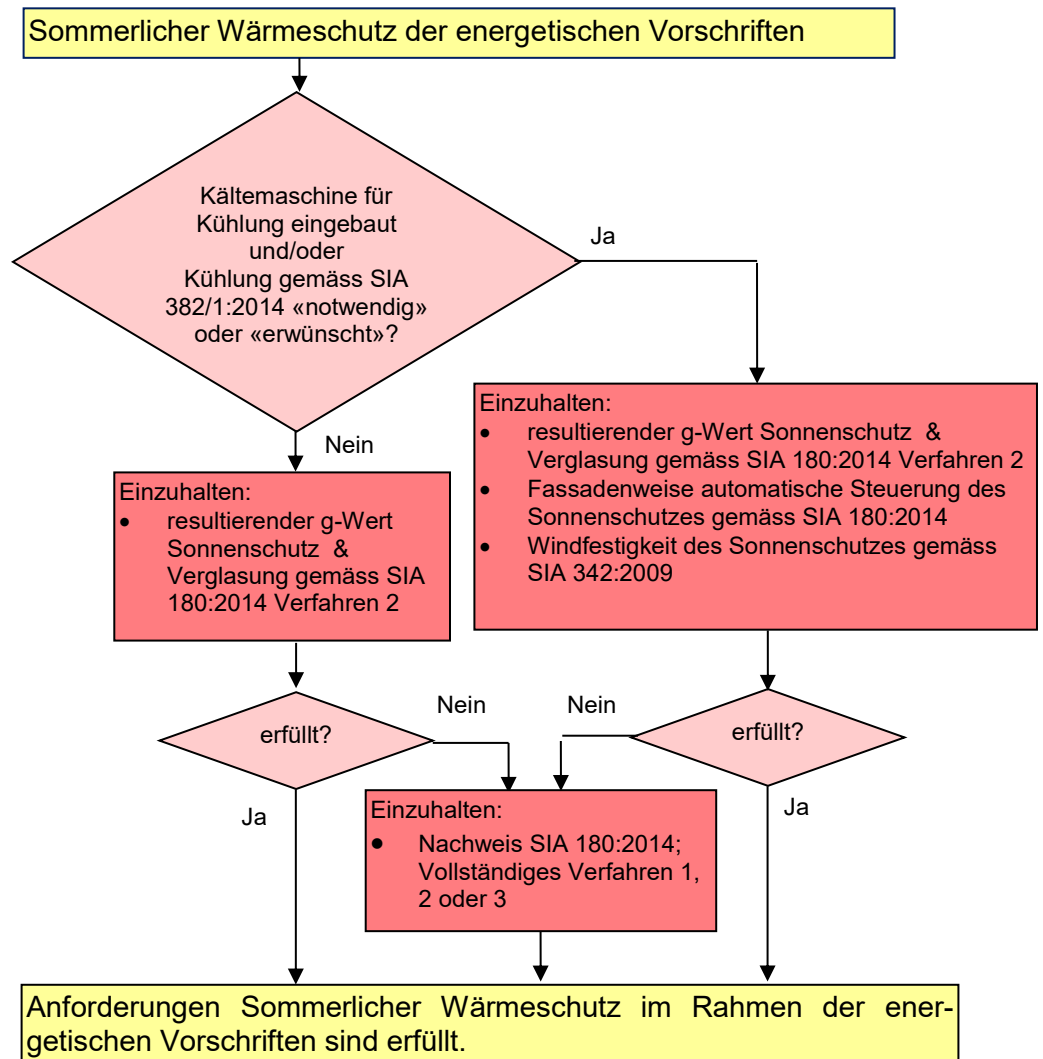
Die Norm SIA 342:2009 definiert als Stand der Technik die Windwiderstandsklassen für den Sonnenschutz wie folgt:

**Windfestigkeit des Sonnenschutzes**

Windlastzone	Geländekategorie nach SIA 261	Einbauhöhe in m			
		6	18	28	50
Mittelland, bis 600 m ü.M. Täler, bis 850 m ü.M.	II Seeufer	5	5	5	6
	Ila grosse Ebene	4	5	5	5
	III Ortschaften, freies Feld	4	4	5	5
	IV grossflächige Stadtgebiete	3	4	4	5
Voralpen, bis 1100 m ü.M.	II Seeufer	5	6	6	6
	Ila grosse Ebene	5	5	5	6
	III Ortschaften, freies Feld	4	5	5	5
	IV grossflächige Stadtgebiete	4	4	5	5
Föhntäler, bis 850 m ü.M.	II Seeufer	6	6	6	> 6
	Ila grosse Ebene	5	6	6	6
	III Ortschaften, freies Feld	5	5	5	6
	IV grossflächige Stadtgebiete	4	5	5	6

Tabelle 7: Windwiderstandsklassen in Abhängigkeit der Geländekategorie und der Einbauhöhe (Quelle: SIA 342:2009 B.2)

### 8.4 Vorgehen



## 8.5 Verweis auf SIA Normen

Im Rahmen der energetischen Vorgaben sind nicht alle Anforderungen der Norm SIA 180:2014 relevant. Hohe sommerliche Lasten treten sehr selten mit hohen Windlasten auf und haben demzufolge auf den Energieverbrauch nur wenig Relevanz. Die vorangehend beschriebenen Vereinfachungen basieren auf der Norm SIA 180:2014 und zeigen die Anforderungen im Standardfall auf. Sind die oberen Anforderungen eingehalten, gilt der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes im Rahmen der energetischen Vorschriften als erfüllt. Somit ist nur in wenigen speziellen Fällen im Rahmen der energierechtlichen Vorgaben zusätzlich auf die Normen SIA 180 und SIA 382/1:2014 abzustützen.

**Info zu weiterführenden Betrachtungen**

Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz beziehen sich auf die Norm SIA 180:2014 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden» ergänzt durch die Norm SIA 382/1:2014 «Lüftungs- und Klimaanlageanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen».

**Normen**

Die Norm definiert drei Nachweisverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz:

**SIA 180:2014**

- Verfahren 1: einfache Ausschluss-Kriterien + Nachtauskühlung
- Verfahren 2: Nachtauskühlung, Sonnenschutz, Wärmedämmung und Wärmespeicherfähigkeit
- Verfahren 3: Simulation der thermischen Behaglichkeit

Allgemeine Bedingungen:

**- SIA 180 – Verfahren 1**

- Dachfenster und Oberlichter mit Sonnenschutz sind kleiner als 5 % der Fläche des darunterliegenden Raumes
- U-Wert Dachkonstruktion  $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fassadenfenster mit aussenliegendem Sonnenschutz der Windwiderstandsklasse 6
- g-Wert für Sonnenschutz und Verglasung  $\leq 0,10$
- Raumtiefe gegenüber Fenstern mind. 3,5 m und bei gegenüberliegenden Fenstern mind. 7 m

Wärmespeicherfähigkeit:

- die Wärmespeicherfähigkeit muss den Wert «mittel» gemäss Norm SIA 180:2014 aufweisen (+ Wärmedurchlasswiderstand der raumseitigen Oberflächen-Deckschicht  $\leq 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Maximaler Glasanteil:

- Anforderungen an den Glasanteil in Abhängigkeit der Wärmespeicherfähigkeit «mittel» bzw. «hoch»

Nachtauskühlung:

- Nachtauskühlung mit mind.  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  Geschossfläche oder
- alternativ Lüftungsanlage
- Abluftöffnung an höchster Stelle im Raum

Nachtauskühlung:

**- SIA 180 – Verfahren 2**

- Nachtauskühlung mit mind.  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  Geschossfläche oder
- alternativ Lüftungsanlage
- Abluftöffnung an höchster Stelle im Raum

Sonnenschutz:

- g-Wert in Abhängigkeit der Orientierung und des Glasanteils (Sonderregelung für Eckräume, sowie Dachfenster und Oberlichter) mit zusätzlicher Beurteilung eines feststehenden Sonnenschutzes

- Sonnenschutz muss natürliche Belichtung gewährleisten
- Sonnenschutz muss Windwiderstandsklasse gemäss SIA 342 Anhang B.2 einhalten

Wärmedämmung und -speicherfähigkeit

- $U_{24}$ -Wert der Dachkonstruktion muss  $\leq 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$  sein
- Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes  $\geq 45 \text{ Wh/m}^2\text{K}$

**- SIA 180 – Verfahren 3**

Simulationsberechnung

- dynamisches Rechenverfahren, mit validiertem Programm
- Nachweis erbracht wenn alle Temperaturen unter dem oberen Grenzwert nach Behaglichkeitsanforderungen liegen

Das Tool «Minergie Nachweis Sommerlicher Wärmeschutz Variante 2» basiert auf Variante 3 der SIA 180:2014 und wird damit einem Nachweis nach Variante 3 als gleichwertig erachtet.

**Begriffe «notwendig»  
oder «erwünscht»**

Die Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung ist in der Norm SIA 382/1:2014 in den Ziffern 4.5.2, 4.5.3 oder 4.5.4 definiert.

**Notwendigkeit einer  
Kühlung**

In Norm SIA 382/1:2014 werden die drei Varianten für die Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung unterschieden. Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind unabhängig von dieser Beurteilung:

**- SIA 382/1 – Variante 1**

- In Spezialfällen mit besonderen Anforderungen an die Raumlufttemperatur ist eine Kühlung unumgänglich (z.B. Verkaufsflächen und Lagerhallen für temperaturempfindliche Güter; Labors; EDV-Räume, Auslegung auf  $26^\circ\text{C}$ ).

**- SIA 382/1 – Variante 2**

- Eine weitere Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung kann anhand der internen Wärmeeinträge pro Nettogeschossfläche und den zusätzlich zur mechanischen Lüftung vorhandenen Möglichkeiten der Fensterlüftung erfolgen.

**- SIA 382/1 – Variante 3**

- Eine vertiefte Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung kann mittels einer fachgerechten dynamischen Simulation oder in bestehenden Bauten mit einer Messung der Raumtemperatur erfolgen.

Vollzugshilfe EN-112

# Kühlräume

Ausgabe Dezember 2018

## Inhalt, Zweck und Abgrenzung

Für den Vollzug der energierechtlichen Anforderungen der Kantone sind eine Reihe von Vollzugshilfen geschaffen worden. Diese Vollzugshilfe behandelt die Anforderungen an den Wärmeschutz von Kühlräumen.

Übersicht der einzelnen Kapitel:

1. Anforderungen
2. Erläuterungen

## 1. Anforderungen

*Bei Kühlräumen, die auf weniger als + 8 °C gekühlt werden, darf der mittlere Wärmezufluss durch die umschliessenden Bauteile pro Temperaturzone 5 W/m<sup>2</sup> nicht überschreiten. Für die entsprechende Berechnung ist von der Auslegungstemperatur des Kühlraums einerseits und den folgenden Umgebungstemperaturen andererseits auszugehen:*

- a) *in beheizten Räumen: Auslegungstemperatur für die Beheizung*
- b) *gegen Aussenklima: 20 °C*
- c) *gegen Erdreich oder unbeheizte Räume: 10 °C*

*Für Kühlräume mit weniger als 30 m<sup>3</sup> Nutzvolumen sind die Anforderungen auch erfüllt, wenn die umschliessenden Bauteile einen mittleren U-Wert von  $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  einhalten.*

**Wärmezufluss  
max. 5 W/m<sup>2</sup>**

**weniger als 30 m<sup>3</sup>  
Nutzvolumen**

## 2. Erläuterungen

Der mittlere Wärmefluss durch die kühlraumbegrenzenden Bauteile ist fachgerecht zu berechnen. Es ist nachzuweisen, dass im Durchschnitt über alle Bauteile pro Temperaturzone der Wärmefluss 5 W/m<sup>2</sup> nicht übersteigt. Es ist von der projektspezifischen Auslegungstemperatur auszugehen. Gegen Aussenklima ist generell eine Temperatur von 20 °C, gegen Erdreich oder unbeheizte Räume von 10 °C in die Berechnung einzusetzen. Wärmebrücken sind zu berücksichtigen.

**Fachgerechte Berechnung**

<b>Tiefkühlraum</b>	Unter dem Begriff Kühlraum ist ebenfalls ein Tiefkühlraum zu verstehen.
<b>Temperaturzone</b>	Zu einer Temperaturzone können Räume zusammengefasst werden, die ähnliche Innentemperaturen aufweisen (z. B.z. B. Kühlräume mit 4 °C und 6 °C werden zu einer Zone „Pluskühlung“ zusammengefasst). In der Regel gelten als unterschiedliche Temperaturzonen, wenn die Auslegtemperaturen sich um mehr als 5 K unterscheiden.
<b>Unterschiedliche Temperaturzone</b>	Die unterschiedlichen Zonen müssen einzeln die Anforderungen an den mittleren Wärmefluss von 5 W/m <sup>2</sup> erfüllen.
<b>Nebeneinanderliegende Räume mit gleicher Innentemperatur</b>	Liegen mehrere Kühlräume einer Temperaturzone direkt nebeneinander, wird deren Nutzvolumen für die Grenze von 30 m <sup>3</sup> zusammengerechnet. Bei der Berechnung des Wärmeflusses müssen Trennwände zwischen diesen Kühlräumen nicht berücksichtigt werden.
<b>Kleine Kühlräume</b>	Bei Kühlräumen mit weniger als 30 m <sup>3</sup> Nutzvolumen kann auf eine Berechnung des mittleren Wärmezuflusses verzichtet werden, wenn alle umschliessenden Bauteile einen mittleren U-Wert $\leq 0,15$ W/m <sup>2</sup> K einhalten.
<b>Abwärmenutzung</b>	Die aus der Kälteerzeugung anfallende Abwärme ist zu nutzen, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Weitere Details siehe Vollzugshilfe EN-103 «Heizung und Warmwasser».
<b>Fachgerechte Berechnung</b>	Bei der Berechnung können entweder die Aussenmasse ohne Berücksichtigung der geometrischen Wärmebrücken (weil über die grössere Fläche kompensiert) oder dann die Innenmasse mit Berücksichtigung der geometrischen Wärmebrücken (z.B. alle Ecken) verwendet werden.

**Empfehlung EN-131****Beheizte Gewächshäuser**

Ausgabe Juni 2017 (materiell identisch mit Ausgabe 2003)

**Inhalt und Zweck**

Diese Empfehlung behandelt die Anforderungen an beheizte Gewächshäuser, in denen zur Aufzucht, Produktion oder Vermarktung von Pflanzen vorgegebene Wachstumsbedingungen aufrechterhalten werden müssen.

Übersicht der einzelnen Kapitel:

1. Geltungsbereich
2. Anforderungen
3. Berechnungen

**1. Geltungsbereich**

Gewächshäuser, die der Aufzucht, Produktion oder Vermarktung (Nutzung zu kommerziellen Zwecken) von Pflanzen dienen und während der Heizperiode vom 1. Oktober bis 31. März mindestens auf + 10 °C und mehr beheizt werden, gelten als Warmhäuser. Neue Warmhäuser haben den nachfolgenden Anforderungen zu genügen. Für die Sanierung, Erweiterung und Umnutzung gelten die Neuanforderungen, sofern dies technisch möglich und der Aufwand verhältnismässig ist.

**Temperatur grösser  
+ 10 °C**

Kalthäuser, das heisst Gewächshäuser deren Heizungsinstallation lediglich für die Frostfreihaltung von weniger als + 10 °C ausgelegt ist, sind von den nachfolgenden Anforderungen befreit. Sie benötigen lediglich eine Energieverbrauchsmessung und eine thermostatische Absicherung.

**Temperatur kleiner  
+ 10 °C**



## 2. Anforderungen

<b>Mittlerer U-Wert</b>	Die Gebäudehülle der Warmhäuser darf den mittleren U-Wert $U_m$ von 2,4 W/m <sup>2</sup> K nicht überschreiten.
<b>Verwendung Einfachglas</b>	Wird im Dachbereich Einfachglas verwendet, ist ein Energieschirm mit einem Wärmedurchlasswiderstand R von mindestens 0,23 m <sup>2</sup> K/W einzubauen.
<b>Dämmung Stellplatten</b>	Die Stellplatten zwischen den Punktfundamenten sind bis 40 cm ins Erdreich mit einem Wärmedurchlasswiderstand R von mindestens 1,4 m <sup>2</sup> K/W zu dämmen.

## 3. Berechnungen

<b>Berechnung mittlerer U-Wert</b>	Für die Berechnung der Hüllenfläche sind die Bauteile ab dem Erdreich massgebend. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient $U_m$ berechnet sich nach der folgenden Formel:
------------------------------------	---

$$U_m = \frac{A_{Re} * U_{Re} + A_{Fe} * U_{Fe} + A_{We} * U_{We} + \dots}{A_{Re} + A_{Fe} + A_{We} + \dots} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

$A_{Re}$ : Fläche Dach gegen Aussenklima	$U_{Re}$ : U-Wert des Daches
$A_{Fe}$ : Fläche der Rahmenprofile	$U_{Fe}$ : U-Wert des Rahmenprofils
$A_{We}$ : Fläche der Wände gegen Aussenklima	$U_{We}$ : U-Wert der Wände

Der U-Wert des Daches ( $U_{Re}$ ) kann sich aus folgenden Bauteilschichten zusammensetzen:

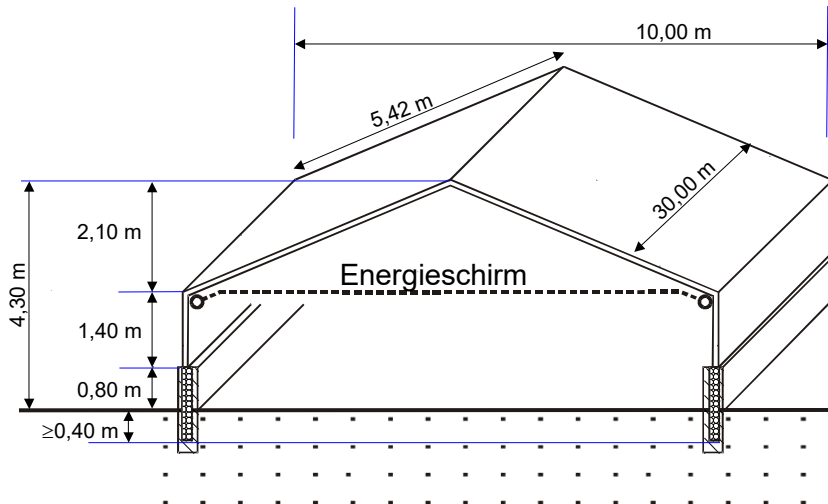
- Dachverglasung,
- Luftraum und
- einfachem oder doppeltem Energieschirm.

<b>Grundlagen</b>	Diese Empfehlung wurde 2002 neu formuliert auf Grund der neuen Begriffe und Bezeichnungen des SIA-Normenwerks. Die vorstehend definierten Anforderungen entsprechen denjenigen der ursprünglichen Ausgabe von 1993. Die ursprüngliche Empfehlung (Ausgabe 1993) war das Resultat intensiver Kontakte mit dem Verband Schweizer Gärtnermeister (VSG).
-------------------	--

**Beschreibung:**

Das Dach besteht aus einer Einfach-Verglasung und einem Energieschirm (Alu).  
 Die Seitenwände weisen eine Doppelverglasung auf.  
 Die Stellplatten sind mehr als 40 cm ins Erdreich gedämmt.

**Beispiel**



Die Wirkung eines Energieschirmes, z.B. auf den U-Wert des Daches  $U_{Re}$ , wird als zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand (in zwei Teilen: Strahlungsreduktion  $R_r$  und Einfluss Luftpolster  $R_c$ ) zum Wärmedurchlasswiderstand des Glases  $R_g$  und des Rahmens  $R_{Fe}$  addiert.

**Wirkung eines Energieschirmes**

- Rechenwerte für den Strahlungsteil:  $R_r$   $m^2K/W$
- Sauber, vollständig beschichtet: 0,300
  - Sauber, halb beschichtet: 0,150
  - Verstaubt, vollständig beschichtet: 0,150
  - Verstaubt, halb beschichtet: 0,075

**Rechenwerte für den Strahlungsteil**

- Rechenwerte für den Einfluss Luftpolster:  $R_c$   $m^2K/W$
- Abgedichtete, schmale Kammer ( $\leq 5$  cm): 0,150
  - Abgedichtet, grössere Kammer ( $> 5$  cm): 0,075

**Rechenwerte für den Einfluss Luftpolster**

Einrechnung des Energieschirmes: Beispiel bei einem Einfachglas mit $U_g = 5,5$ $W/m^2K$					
U-Wert Glas	Widerstand Glas	Strahlungseinfluss	Einfluss Luftpolster	Summe aller Widerstände $R_{g,total}$	U-Wert,total $U_{g,total}$
$U_g$	$1/U_g$	$R_r$	$R_c$	$1/U_g + R_r + R_c$	$1 / R_{g,total}$
5,5 $W/m^2K$	0,182 $m^2K/W$	0,150 $m^2K/W$	0,075 $m^2K/W$	0,407 $m^2K/W$	2,46 $W/m^2K$

**Einrechnung des Energieschirmes**

Zwischen einer sauberen und vollständigen Alu-Fläche (Emmissionsvermögen im Infrarot  $\epsilon = 0,1$ ) und einem üblichen Baustoff (Glas,  $\epsilon = 0,9$ ) ergibt sich ein Wärmedurchlasswiderstand von  $R_r = 0,300$   $m^2K/W$ . Dieser reduziert sich im Gewächshausbetrieb.

<b>Berechnung des mittleren U-Wertes: Beispiel</b>					
	Menge n	A m <sup>2</sup>	n*A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> K	n*A*U W/K
<b>Giebelwand Süd &amp; Nord</b>					
Glas	2	23,03	46,06	2.7	124.36
Rahmenanteil 6%	2	1,47	2,94	3.64	10.70
Fundamentstreifen, 80 cm hoch	2	8,00	16,00	0.54	8.64
<b>Stehwand Ost &amp; West</b>					
Glas	2	39,48	78,96	2.7	213.19
Rahmenanteil 6%	2	2,52	5,04	3.64	18.35
Fundamentstreifen, 80 cm hoch	2	24,00	48,00	0.54	25.92
<b>Dach, östliche &amp; westliche Seite</b>					
Glas	2	152,84	305,68	2.46	751.97
Rahmenanteil 6%	2	9,76	19,52	1.98	38.65
<b>Summe</b>			<b>522,20</b>		<b>1'179,56</b>
<b>Mittlerer U-Wert U<sub>m</sub></b>		<b>Vorgabe max. 2,4 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>2,26</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>

## Empfehlung EN-132

# Beheizte Traglufthallen

Ausgabe Juni 2017 (materiell identisch mit Ausgabe Dezember 2007)

## Inhalt und Zweck

Diese Empfehlung behandelt die Anforderungen an beheizte Traglufthallen.

Übersicht der einzelnen Kapitel:

1. Grundlagen
2. Empfehlungen für die Beurteilung eines Baugesuchs

## 1. Grundlagen

Bestehende Sportanlagen wie Freiluftbäder oder Tennisanlagen können mit einer relativ kostengünstigen, «mobilen» Traglufthalle von Herbst bis Frühling überdeckt werden, damit sie ganzjährig nutzbar sind. Mit Membrandächern überdachte Bauten haben einen hohen Energieverbrauch, weshalb diese Empfehlungen an solche Bauteile erarbeitet wurden. Im Folgenden wird auf die Traglufthallen für Freiluftbäder näher eingegangen, da bei diesen der höhere Wärmebedarf stärker ins Gewicht fällt als bei überdachten Tennisanlagen.

**Worum geht es?**

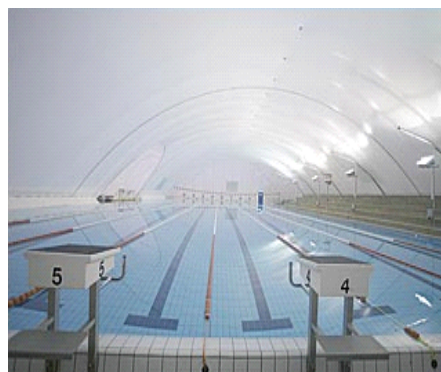


Abb. 1: Überdachung Schwimmbecken (Länge 58 m, Breite 28 m, Schaffhausen, Kosten ca. ½ Mio. CHF)<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Quelle Abbildungen: Homepage: [www.membranbau.ch](http://www.membranbau.ch)

<sup>2</sup> Firma: HP Gasser AG, Membranbau, 6078 Lungern und 2316 Les Ponts-de-Martel

### Energetische Vergleichsbasis für Freiluftbäder

Im März 1993 hat das BFE die Broschüre «Rationelle Energienutzung in Hallenbädern» mit den folgenden Kennzahlen auf die Kubatur beziehungsweise EBF bezogen publiziert:

... Bad	Wasserfläche (m <sup>2</sup> )	1993 sanierte Bäder (kWh/m <sup>2</sup> a)	1993 erstellte Bäder (kWh/m <sup>2</sup> a)
Kleines	200 - 300	360	310
Mittleres	ca. 500	310	250
Grosses	über 1'000	280	220

Tab. 1: Verbrauchswerte (Summe Wärme und Strom) für 1993 sanierte und neu erstellte Bäder

Diese Kennzahlen stellen die Summe von Wärme (meist fossile Brennstoffe) und Strom (inkl. Wasseraufbereitung, Lüftung, Beleuchtung, Garderobenlüftung...) dar. Bei Neubauten ist das Verhältnis Wärme zu Strom etwa 1:1. Beispielsweise das 1988 sanierte Hallenbad in Uster:

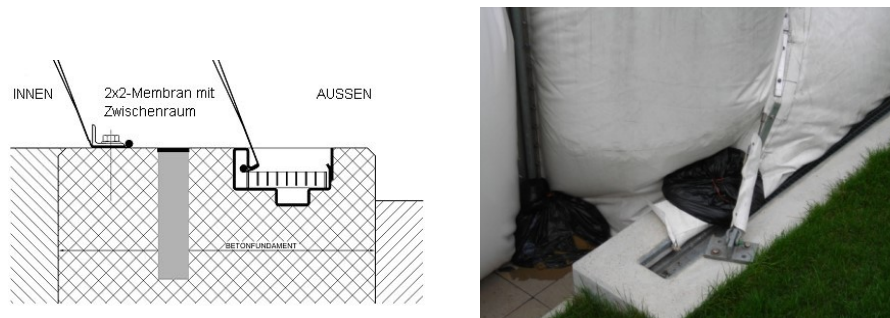
$$E_{\text{Wärme}} = 133 \text{ kWh/m}^2\text{a plus } E_{\text{Strom}} = 163 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\text{ergibt ein } E_{\text{Total}} = 296 \text{ kWh/m}^2\text{a.}$$

Seit 1993 war die wichtigste Änderung die Norm SIA 380/1 (Ausgabe 2001), mit der eine separate Kategorie „Hallenbäder“ unter Berücksichtigung der hohen Innentemperatur von 28 °C eingeführt wurde. Für einen Einzelbauteilnachweis ergaben sich Anforderungen von  $U_{\text{Dach,Wand}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  und  $U_{\text{Fenster}} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Klima Zürich, ohne Berücksichtigung der Anforderung an die Deckung des Wärmebedarfs, gemäss EN-101). Neuere Verbrauchszahlen sind nicht vorhanden. Heute ist davon auszugehen, dass bei neuen Bädern die Verbrauchszahlen mehr als halbiert werden können. Die Kennzahlen für Wärme und Strom sind separat auszuweisen und nicht – wie in der Tabelle 1 – ungewichtet zu addieren.

### Energetische Betrachtung für Freiluftbäder

Ein entscheidendes Bauteil ist die Folie der Traglufthalle. Mit dem heutigen Stand der Technik kann das Dach mit 2 x 2-Membranen aufgebaut werden, was einen U-Wert von etwa  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  ergibt. Es gibt auch 3- oder nur 2-schichtige Membrandächer mit einem deutlich schlechteren U-Wert (3-schichtig ca.  $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Für die Überdeckung eines Schwimmbades ist der Mehrpreis für die beste Konstruktion in Anbetracht der hohen Folgekosten auf Grund des Energieverbrauchs auf jeden Fall sinnvoll. Dagegen ist eine gewisse Durchlässigkeit der Folie für die Sonnenstrahlung positiv zu werten. Der g-Wert beträgt schätzungsweise 0,1 (0,07 bis 0,2). Zu berücksichtigen ist ferner, dass auch die Bauteile ins Erdreich einen Wärmebedarf verursachen (siehe Abbildung 2). Bei einem Hallenbad werden diese Bauteile gut wärmegeklämt. Wird ein bestehendes Freiluftbad für den Winter überdeckt, sind diese Bauteile selten gedämmt.



**Abb. 2: Linienförmige Verankerung der Folien.**

Zur Reduktion der Wärmeverluste ins Erdreich ist in das – in der Regel neu zu erstellende – Betonfundament zwischen den beiden Verankerungen der Membranen eine ca. 1 m tiefe Perimeterdämmung zu integrieren. Damit kann der Wärmeabfluss über das Erdreich reduziert werden (Berechnung siehe Norm EN 13370).

Halle zur Überdachung eines Freibads Foliengrösse 64 m x 30 m Meteodaten Schaffhausen, g-Wert = 0,1	<b>2-schichtige Folie</b> U = 2,7 W/m <sup>2</sup> K	<b>3-schichtige Folie</b> U = 1,95 W/m <sup>2</sup> K	<b>2x2-schichtige Folie</b> U = 1,10 W/m <sup>2</sup> K
<b>Wärmebedarf Folien-Hülle</b> (gemäss SIA 380/1, Ausgabe 2001)	<b>690 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>550 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>420 kWh/m<sup>2</sup></b>
Wärmeleistungsbedarf bei – 8 °C aussen, 28 °C innen ohne Leistung für Lüftungsanlagen	200 kW	140 kW	80 kW

**Tab. 2: Einfluss der Hallenkonstruktion auf den Heizwärmebedarf <sup>3</sup>**

Eine Abschätzung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 (Ausgabe 2001) ergibt mit einer 3schichtigen Membran (U-Wert ca. 1,9 W/m<sup>2</sup>K) etwa 550 kWh/m<sup>2</sup>a. Mit einem Heizkessel ergibt sich ein Energiebedarf von 610 kWh/m<sup>2</sup>a. Dieser Verbrauch liegt etwa **viermal** höher als für ein 1993 erstelltes Hallenbad mittlerer Grösse. **Die geltenden Anforderungen an die Wärmedämmung gemäss SIA 380/1 (Ausgabe 2001) von ca. 85 kWh/m<sup>2</sup>a können um etwa das 5- bis 6-fache nicht eingehalten werden.**

Die Betriebserfahrungen des Bads in Schaffhausen bestätigen diese hohen Verbrauchswerte, wie die Auswertung der Verbrauchsdaten 2004 bis 2006 durch das Ingenieurbüro Mäder zeigte. Während die Überdachung des Freiluftbades nur gut eine halbe Mio. Franken kostete, betragen die Energiekosten (Strom für Hallenlüftung und Erdgas für die Heizung) in den Wintern 2004/05 und 2005/06 81'000 resp. 86'000 Franken. Mit einer 2 x 2-schichtigen Membran dürfte der Wärmebedarf (und damit die Kosten für das Erdgas) um fast 30% gesenkt werden.

Der Strombedarf ist schwer ermittelbar. Bei Traglufthallen wird von den Lieferanten meist nur der Aufwand für den Betrieb des Überdruckventilators sowie für den Betrieb des Brenners der Hallenheizung angegeben. Diese belaufen sich auf etwas über 25 kWh/m<sup>2</sup>a. Die Betriebserfahrungen 2004 bis 2006 in Schaffhausen bestätigten

<sup>3</sup> Berechnungen: Ingenieurbüro R. Mäder, Schaffhausen, im Auftrag der EnFK.

diesen Wert. Der zusätzliche Strombedarf für die Infrastruktur (Wasseraufbereitung, Beleuchtung, Garderobe etc.) ist mit etwa 80 bis 110 kWh/m<sup>2</sup>a ausgewiesen, d.h. etwas weniger als für ein Hallenbad. Einerseits weil die Betriebsdauer geringerer ist und andererseits weil der Sommerstrombedarf beim (schon vorhandenen) Sommerbetrieb für das «Freiluftbad» eingerechnet wird.

In Schaffhausen sind zwei Lüftungsanlagen vorhanden: eine Aussenluftanlage für die Aufrechterhaltung des Überdrucks und eine Umluftanlage für die Regulierung des Klimas in der Halle. Die von der ersten Anlage geförderte Luft entweicht über Undichtigkeiten. Dies bedeutet, dass die Hallen möglichst dicht zu bauen sind. Dem Betrieb der Umluftanlage ist besondere Beachtung zu schenken. In Schaffhausen konnte durch den nachträglichen Einbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung der Energieverbrauch um rund 15 % reduziert werden (SPS, Regelkriterium u.a. Taupunkt).

#### Energetische Betrachtung für Sporthallen

Für Sporthallen mit weniger hohen Anforderungen an die Raumtemperatur wurde für eine typische Halle von 35 m x 35 m ein Vergleich der Jahreskosten erstellt. Daraus geht hervor, dass die Mehrkosten für eine 2 x 2-schichtige Membran auch bei den geringeren Innentemperaturen allein mit den geringeren Wärmekosten in der Regel amortisiert werden können (siehe Tabelle 3).

2 Feld Tennishalle 35 m x 35 m Foliengrösse 40 m x 40 m EBF (nach SIA 416/1) 1'225 m <sup>2</sup>	<b>2-schichtige Folie</b> U = 2,8 W/m <sup>2</sup> K	<b>3-schichtige Folie</b> U = 1,70 W/m <sup>2</sup> K	<b>2 x 2-schichtige Folie</b> U = 1,10 W/m <sup>2</sup> K
<b>Wärmebedarf Folien-Hülle</b> (gemäss SIA 380/1, Ausgabe 2001)	160 kWh/m <sup>2</sup>	90 kWh/m <sup>2</sup>	55 kWh/m <sup>2</sup>
Wärmeleistungsbedarf bei -8°C aussen, 16°C innen ohne Leistung für Lüftungsanlagen	110 kW	70 kW	50 kW
Richtpreis Folie	CHF 100'000	CHF 145'000	CHF 185'000
Amortisation (15 Jahre / 5 % Zins)	CHF 9'600	CHF 13'900	CHF 17'800
Nutzenergie (10 Rp/kWh)	CHF 19'600	CHF 11'200	CHF 6'700
<b>Jahreskosten</b>	<b>CHF 29'000</b>	<b>CHF 25'100</b>	<b>CHF 24'500</b>

Tab. 3: Jahresbetriebskosten für verschiedene Membrantypen.

In diesen Jahreskosten ist der Strombedarf für die Lüftungsanlage nicht eingerechnet. Ebenso bleibt unberücksichtigt, dass die Wärmeerzeugung bei der besseren Hülle kleiner dimensioniert werden kann.

## 2. Empfehlungen für die Beurteilung eines Baugesuchs

Mit Traglufthallen überdeckte Sportanlagen können die Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäudehülle nicht erfüllen. **Insbesondere die Überdachung eines Freiluftbads mit einer Traglufthalle führt zu einem sehr hohen Energieverbrauch, der mehr als vier- bis fünfmal höher ist als für ein «normales» Hallenbad.** Die Beurteilung einer Ausnahmegewilligung zur Nichteinhaltung der Wärmedämmforderungen ist eine politische Frage. Falls eine Ausnahmegewilligung für eine derartige Traglufthalle in Betracht gezogen wird, werden folgende Auflagen empfohlen:

1. Es ist eine 2 x 2-schichtige Membran mit einem U-Wert von etwa  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  einzusetzen. Wird die Halle auf weniger als  $10^\circ\text{C}$  beheizt, ist mindestens eine 3-fach Membran einzusetzen.
2. Die Verankerung der Membran am Boden ist dicht auszugestalten. Die Abdichtung hat auf der ganzen Länge zu erfolgen, punktuelle Verankerungen bringen keine genügende Dichtigkeit.
3. Zwischen den Verankerungen von den Membranen ist eine Perimeterdämmung einzubauen.
4. Beim Eingang ist eine 4-flüglige Drehtüre mit effizientem Dichtungssystem einzusetzen. In der Grundposition «geschlossen» müssen sämtliche vier Flügel abdichten. Durch eine geeignete akustische oder visuelle Anzeige muss auf eine nicht richtig positionierte Türe aufmerksam gemacht werden. Vor der Drehtüre ist ein Vorraum (Schleuse) mit zusätzlicher Aussentüre anzuordnen.
5. Das Membrandach darf keine Lücken oder Schwachstellen in der Gebäudehülle aufweisen. Dies gilt für U-Werte und Luftdichtigkeit insbesondere bei Eingangszonen, Nottüren und Durchdringungen von Lüftungskanälen. Türelemente sind gemäss den Anforderungen der Energievorschriften auszuführen. Die Dichtheit der Membrane (Schweissnähte) muss sichergestellt sein.
6. Das temporäre Einblasen von warmer Luft in den Zwischenraum (siehe Abbildung 2) von 2 x 2-schichtigen Membranen zum Abschmelzen des Schnees wird toleriert.
7. Die Lüftungsanlagen sind objektabhängig zu dimensionieren.
8. Die Lüftung für die Aufrechterhaltung der verlangten Innenklimabedingungen ist mit einer SPS (elektronische Regelung) auszurüsten. Die Anlage ist möglichst nahe an den Taupunkt zu steuern.
9. Die Wasseraufbereitung bei Bädern ist für den Winterbetrieb zu überprüfen. Oft weisen Freiluftbäder keine Nutzung der Abwärme aus dem Schmutzwasser auf. Für den Betrieb als ganzjähriges Bad ist eine solche Abwärmenutzung zumutbar, in der Regel sogar wirtschaftlich.
10. Die Wärmeerzeugung muss mit erneuerbaren Energien, z.B. einer Holzschnitzelheizung, oder mit nicht anders nutzbarer Abwärme erfolgen.
11. Es sind die nötigen Instrumente für eine Energieverbrauchskontrolle einzubauen. Dazu gehören Betriebsstunden- und Impulszähler pro



Stufe für den Wärmeerzeuger. Falls aus sehr gewichtigen Gründen weder Abwärme noch erneuerbare Energien eingesetzt werden, sind mit Öldurchfluss- resp. Gasverbrauchszähler auch der Brennstoffinput zu erfassen.

12. Mit der Abdeckung der Wasserfläche eines Bades kann eine massgebliche Verringerung der Verdunstung erreicht werden.
13. Die Betreiber sind zu verpflichten, die Energieverbrauchsdaten zu erfassen und auf Aufforderung vorzuweisen.
14. Die Beleuchtung in Traglufthallen ist mit effizienten Leuchten auszurüsten (weitere Informationen siehe Norm SIA 387/4).