

# Wärme- und Feuchteschutz

## Wärmeschutz

Ein guter Wärmeschutz ist aus Gründen des Komforts und der Behaglichkeit sowie aus ökologischer und hygienischer Sicht notwendig. Wärmeschutz, klimabedingter Feuchteschutz und Behaglichkeit stehen in einem direkten Zusammenhang.

Ziel des Wärme- und Feuchteschutzes ist es, ein dauerhaftes hygienisches und behagliches Raumklima sicherzustellen, die Baukonstruktion vor Bauschäden zu bewahren und den Heizenergieverbrauch zu reduzieren. Der Nachweis des ausreichenden Wärmeschutzes erfolgt in der Regel nach den physikalischen Gesetzen der Wärmebewegungen im stationären Zustand, d.h. mit festen, unveränderlichen Randbedingungen.

Jede neue oder zu sanierende Gebäudehülle muss heute, neben der Betrachtung anderer architektonischer Aspekte, auch als Schnittstelle zu einem langfristigen, erheblichen Energieeinsparpotenzial bei steigenden Anforderungen an den Wohnkomfort angesehen werden. Durch eine gute Wärmedämmung kann der Heizenergieverbrauch und damit die Schadstoffemissionen auf einen Bruchteil des Wertes ohne Dämmung gesenkt werden. Der Trockenbau ist mit seinen Innendämmungsmassnahmen, wie z.B. Vorsatzschalen mit Alba<sup>®</sup>therm und Rigitherm<sup>®</sup> oder Rigips<sup>®</sup> Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen, in besonderer Weise geeignet dafür einen Beitrag zu leisten.

### Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ und Wärmedurchlasswiderstand $R$

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  ist eine spezifische Stoffeigenschaft und gibt an, welche Wärmemenge in Watt (W) durch eine 1m dicke Materialschicht auf einer Fläche von 1m<sup>2</sup> in einer Stunde hindurchströmt, wenn eine Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Schicht von 1 K vorhanden ist.

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \Delta\theta \cdot t} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

mit

$A$	Fläche in m <sup>2</sup>	= 1m <sup>2</sup>
$d$	Schichtdicke in m	= 1m
$Q$	Wärmemenge in W	
$t$	Zeit in h	
$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz in K	= 1 K

Es gibt Baustoffe die Wärme gut leiten (z.B. Metalle), und Stoffe mit geringer Wärmeleitung (z.B. Dämmstoffe, Holz, Gips). Dieses unterschiedliche Verhalten wird durch die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  beschrieben. Kleine  $\lambda$ -Werte bedeuten eine geringe Wärmeleitung und somit eine gute Wärmedämmung.

Richtung des Wärmestromes			
	aufwärts	horizontal <sup>1)</sup>	abwärts
$R_{si}$	0.10	0.13	0.17
$R_{se}^{2)}$	0.04	0.04	0.04

- <sup>1)</sup> Die Werte für «horizontal» gelten bis  $\pm 30^\circ$  Abweichung von der Horizontalen.
- <sup>2)</sup> Bei erdreichberührten Bauteilen beträgt der äussere Wärmeübergangswiderstand  $0 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{W}$ .

**Tabelle 16: Rechenwerte des Wärmeübergangswiderstandes in  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$  nach DIN EN ISO 6946**

Wegen der unterschiedlichen Verhältnisse im Innenraum und im Aussenbereich sind auch die Wärmeübergangswiderstände  $R_s$  auf der Innen- und Aussenseite unterschiedlich.

Der Wärmedurchlasswiderstand  $R$  für einschichtige Bauteile wird wie folgt definiert:

$$R = \frac{d}{\lambda} [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

mit

$d$  Dicke des Bauteils in m

$\lambda$  Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit des Bauteils in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Der Wärmedurchgang durch ein mehrschichtiges Bauteil  $R_T$  ist sinngemäss wie eine Reihenschaltung von Widerständen anzusehen.

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=0}^n R_i + R_{se} [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

mit

$n$  Anzahl der Baustoffschichten

$R_i$  Wärmedurchlasswiderstand der  $i$ -ten Baustoffschichten in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

$R_{se}$  Wärmeübergangswiderstand aussen des Bauteils in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

$R_{si}$  Wärmeübergangswiderstand innen des Bauteils in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

## Wärmedurchgangskoeffizient $U$

Für die Definition des Wärmeschutzes gelten in der Schweiz folgende Normenanforderungen.

	U-Wert < 0.15: Neubau, MINERGIE-Einzelbauteil/anzustrebender U-Wert
	U-Wert < 0.17: Neubau, MuKE n 08 und 14 (Einzelbauteilnachweis)
	U-Wert < 0.20: Neubau/Sanierung, Subvention Gebäude Programm Neubau, MuKE n 08
	U-Wert < 0.25: Sanierung, MuKE n 08
	U-Wert < 0.40: Mindestwärmeschutz nach Norm SIA 180:2014 (Systemnachweis 380/1 erforderlich)

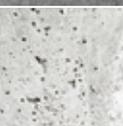
Wandaufbau	EPS Dämmstoffdicken [mm]									
	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160
 Einsteinmauerwerk Porenbeton 24 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.38	0.34	0.30	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
 Verbandmauerwerk 30 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16
 Natursteinmauerwerk 50 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.83	0.65	0.54	0.46	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17
 Sichtbetonwand 25 cm $U = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.00	0.76	0.61	0.51	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
 Betonwand gegen Erdreich 25 cm $U = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.05	0.78	0.62	0.52	0.45	0.35	0.28	0.24	0.21	0.18

Tabelle 17: Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  von verschiedenen Bauteilen und Innendämmung aus EPS,  $\lambda = 0.031 \text{ W/m}^2\text{K}$  (z.B. mit Verbundplatten Alba<sup>®</sup>therm und Rigit<sup>®</sup>therm<sup>®</sup>)

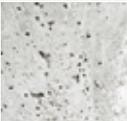
Wandaufbau		XPS-Dämmstoffdicken [mm]								
		30	40	50	60	80	100	120	140	160
	Einsteinmauerwerk Porenbeton 24 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.32	0.29	0.26	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13
	Backstein-Verbandmauerwerk 30 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.45	0.39	0.34	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14
	Natursteinmauerwerk 50 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.60	0.49	0.42	0.36	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15
	Sichtbetonwand 25 cm $U = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.68	0.55	0.45	0.39	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
	Betonwand gegen Erdreich 25 cm $U = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.70	0.56	0.46	0.39	0.32	0.25	0.21	0.18	0.16

Tabelle 18: Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  von verschiedenen Bauteilen und Innendämmung aus XPS,  
 $\lambda = 0.027 \text{ W/m}^2\text{K}$  (z.B. mit Verbundplatten Alba<sup>®</sup>therm)

Wandaufbau		IPP / RIF Dämmstoffdicken [mm]									
		20	30	40	50	60	80	100	120	140	160
	Einsteinmauerwerk Porenbeton 24 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.38	0.34	0.30	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
	Backstein-Verbandmauerwerk 30 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16
	Natursteinmauerwerk 50 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.83	0.65	0.54	0.46	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17
	Sichtbetonwand 25 cm $U = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.00	0.76	0.61	0.51	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	Betonwand gegen Erdreich 25 cm $U = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.05	0.78	0.62	0.52	0.45	0.35	0.28	0.24	0.21	0.18

Tabelle 19: Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  von verschiedenen Bauteilen und Innendämmung aus Mineralwolle,  
 $\lambda = 0.036 \text{ W/m}^2\text{K}$  (z.B. Vorsatzschale Rigips<sup>®</sup> und Alba<sup>®</sup> mit Dämmstoff IPP und RIF)

# Feuchteschutz

Ziel des Feuchteschutzes ist es, eine übermässige Feuchte an der Oberfläche oder in Bauteilen zu vermeiden. Feuchte ist in gewisser Menge immer in fast allen Materialien vorhanden. Wasser gehört zum Leben und zum Bauen.

Feuchte Bau- und Dämmstoffe weisen eine verminderte Dämmwirkung auf. Eine länger andauernde Durchfeuchtung kann die Funktionstüchtigkeit verschiedener Baustoffe beeinträchtigen und Schäden verursachen. Luft kann nur eine bestimmte Maximalmenge Wasser in Form von Dampf aufnehmen, bis sie gesättigt ist. Diese Sättigungsmenge ist im Wesentlichen von der Lufttemperatur abhängig.

Solange sich der Wasserdampf in der Luft in Dampf-Form befindet, verhält er sich wie ein trockenes Gas. Ist dieses aber einmal gesättigt so wird die tatsächlich enthaltene Wassermenge grösser als die Sättigungsmenge und es kommt zum Ausscheiden des überschüssigen, flüssigen Wassers. Es kondensiert dann an den in der Luft enthaltenen Kondensationskernen. So bildet sich Nebel oder aber das Wasser schlägt sich an der Oberfläche fester Körper als Schwitzwasser nieder. Man nennt das auch Kondensatbildung durch Taupunkttemperaturunterschreitung. Diese Kondensation findet aber nicht nur in der freien Luft, sondern mit der gleichen Gesetzmässigkeit auch in porösen Baustoffen statt.

Meist enthält unsere Umgebungsluft weniger Wasserdampf als die mögliche Sättigungsmenge. Man bezeichnet dann das Verhältnis der effektiven zur maximal möglichen Menge als relative Feuchtigkeit  $\varphi$  und drückt diesen Quotienten – nach Multiplikation mit 100 – in Prozenten aus.

$$\varphi = \frac{V_{\text{effektiv}}}{V_{\text{sättigung}}} \cdot 100 \quad [\%]$$

## Kritische Oberflächenfeuchte

Grundsätzlich muss die Baukonstruktion so bemessen sein, dass an keiner Stelle Oberflächenkondensat auftritt und auch die Gefahr von Schimmelpilzbefall ausgeschlossen ist. Um Schimmelpilzfreiheit zu garantieren, darf die Oberflächenfeuchte – damit ist die relative Feuchte der oberflächennahen Luftschichten gemeint – den Wert von 80% langfristig nicht übersteigen.

Gefährdete Zonen für die Oberflächenfeuchte sind kritische Stellen an Wärmebrücken sowie in Ecken in der oberen und unteren Raumhälfte. Am meisten gefährdet sind dreidimensionale Ecken in der unteren Raumhälfte, wenn man von durch Möbel verhinderter Konvektion absieht. Solche Fälle müssen ohnehin gesondert untersucht werden.

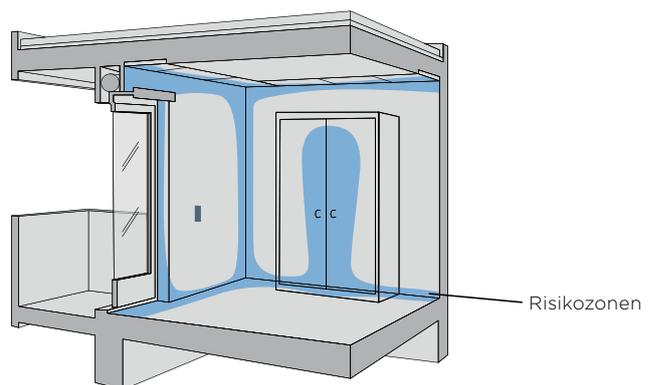


Abbildung 28: Klassische Risikozonen

### Begrenzung der Feuchte in Konstruktionen

Sind zwei Räume – im klimatologischen Sinne – durch ein Bauteil getrennt und es besteht auf beiden Seiten ein unterschiedlicher Wasserdampfdruck – wie im vorangehenden Beispiel gezeigt – so findet eine Wanderung der Wasserdampfmoleküle in Richtung geringerer Konzentration statt. Das ist im Winter der Fall, hauptsächlich von der warmen zur kalten Seite. Es muss beachtet werden, dass nicht das Mass der relativen Feuchte die Diffusion antreibt, sondern der gegenseitige Druckunterschied der effektiv vorhandenen Wasserdampfmen gen.

Ähnlich der Wärmestromdichte stellt sich bei Druckunterschieden eine Diffusionsstromdichte ein. Und, ähnlich dem Wärmedurchlasswiderstand, weisen Materialien auch einen Diffusionswiderstand auf. Ideal und empfehlenswert ist es, die Konstruktionen derart aufzubauen, dass die Diffusionswiderstände der einzelnen Schichten von der warmen zur kalten Seite hin abnehmen. Damit wird der sich – je nach vorherrschenden Dampfdruckbedingungen – einstellende Diffusionsstrom das Bauteil ungehindert passieren können, ohne dass es zu einer Kondensatbildung kommt. In der Regel liegt ein solcher Aufbau kaum vor und ist mit all den Anforderungen an die Gebäudehülle nicht zu realisieren. Zusätzlich kommt noch die wichtigste Forderung, nämlich die Gebäude vor Feuchtigkeit von aussen zu schützen. Dies geschieht mit wasserdichten Materialien, die fast immer mehr oder weniger dampfdicht sind. Deshalb ist eine begrenzte – nicht schädliche – Anreicherung von Feuchte zugelassen, sofern diese immer wieder austrocknen kann. Oder anders ausgedrückt: Es darf zu keiner kumulierten Anreicherung von Feuchte über die Jahre kommen. Eminent wichtig ist diese Forderung für feuchtigkeitsempfindliche Baustoffe wie zum Beispiel Gips, Holz und Holzwerkstoffe.

# Behaglichkeit

Unter Behaglichkeit in Wohnräumen wird der Zustand des Wohlbefindens verstanden, der sich in Bezug auf das Klima eines Raumes bei einer den Raum nutzenden Person einstellt. Die Behaglichkeit hängt von verschiedenen Gegebenheiten ab:

- **Einflüsse des Raumes:**

- Raumlufttemperatur
- mittlere Oberflächentemperatur der umgebenden Flächen
- relative Raumluftfeuchte

- **Einflüsse des Menschen:**

- seiner Tätigkeit
- seiner Bekleidung
- Luftbewegung
- seinem physiologischen Zustand

Weil die thermische Behaglichkeit individuell empfunden wird, also jeder einzelne von uns für sich selbst entscheidet, kann sie nie absolut beurteilt werden, sondern wird immer nur ein statistisches Mass bleiben.

In der Schweiz hat sich die SIA 180-Kommission dafür entschieden, die Komfortbedingungen so festzulegen, dass diese als angemessen gelten, wenn mindestens 80% der Benutzer – unter der Voraussetzung einer für die Nutzung normalen Tätigkeit und mit saisonüblicher Bekleidung – diese als behaglich empfinden.

Das Erfordernis, einen minimalen Aussenluft-Volumenstrom zu gewährleisten, ergibt sich aus hygienischen Gründen. Da die Gebäudehülle grundsätzlich luftdicht sein muss, bedarf es einer Luftzufuhr von aussen, um die Raumluft zu erneuern. Mit dieser kontrollierten Lüftung werden die Anreicherung von Schad- und Geruchsstoffen sowie eine zu hohe Raumluftfeuchte vermieden.

## Behaglichkeit im Winter

Die empfundene Temperatur entspricht in etwa dem arithmetischen Mittel aus der Raumtemperatur und der Temperatur der raumseitigen Oberflächen. Eine niedrige Wandoberflächentemperatur macht somit eine höhere Raumlufttemperatur zum Behaglichkeitsbefinden erforderlich.

An Aussenwänden, welche eine tiefere Oberflächentemperatur als die Raumlufttemperatur aufweisen, findet ein Kaltluftabfall statt. Dieser kann zu unerwünschten Zugerscheinungen führen, und die Strömungsgeschwindigkeit ist umso höher, je grösser die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Oberfläche und je grösser die Bauteilhöhe ist.

Die Behaglichkeit ist somit hauptsächlich durch eine gute Wärmedämmung und die Verwendung ausreichende klimatisierender Oberflächenmaterialien, wie z.B. Gips und Holzbaustoffen, konstruktiv zu beeinflussen.

Bei der Verwendung von Innendämmungssystemen (wie z.B. Alba®therm und Rigitherm®) sind die Oberflächentemperaturen höher, was einen positiven Einfluss auf die Behaglichkeit hat.

## Behaglichkeit im Sommer

Ein modernes Gebäude muss eine seiner Nutzung entsprechende thermische Behaglichkeit bieten. Diese verlangten Komfortansprüche sollen – wenn immer möglich – mit einer Bauweise ohne aktive Kühlung erreicht werden. Diese Anforderung zwingt zu gewissen baulichen Massnahmen, aber auch zu einem angepassten Benutzerverhalten. Dazu gehört:

- Ein wirksamer Sonnenschutz aller Fenster.
- Die Nutzung von Speichermasse. Zum Beispiel die Verwendung von massivem Baumaterial wie zweilagigen Gipsbauplatten für die innenliegenden Trennwände oder Latent-Wärmespeicher (PCM) wie Alba®balance für vertikale und horizontale Flächen.
- Eine sehr gute Wärmedämmung der Gebäudehülle.
- Interne Wärmelasten sind so gering wie möglich zu halten.
- Und letztlich ein richtiges Benutzerverhalten betreffend nächtlicher Querlüftung.

# Das Wichtigste in Kürze



---

## Direkter Zusammenhang

Wärmeschutz, klimabedingter Feuchteschutz und Behaglichkeit stehen im direkten Zusammenhang

## Geringe Wärmeleitfähigkeit

Rigips® Gipsplatten weisen eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf

## Feuchte

Gipswerkstoffe sollten keiner kumulierten Anreicherung von Feuchte über Jahre ausgesetzt werden

## Wärmespeicherkapazität

Bauplatten mit latenter Wärmespeicherkapazität, wie Alba®balance, können als Speichermasse benutzt werden und so zur Behaglichkeit in Innenräumen beitragen

---