



## BAUPHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

### INHALTSVERZEICHNIS

BRANDSCHUTZ . . . . .	Seite 2
ENERGIEAUSWEIS . . . . .	Seite 5
NIEDRIGENERGIEHAUS . . . . .	Seite 5
PASSIVHAUS . . . . .	Seite 5
SCHALLSCHUTZ, BEWERTETES SCHALLDÄMM-MASS . . . . .	Seite 7
TRITTSCHALLDÄMMUNG . . . . .	Seite 8
TEMPERATUR . . . . .	Seite 9
WÄRME . . . . .	Seite 10
WÄRMEMENGE . . . . .	Seite 10
WÄRMEDÄMMUNG . . . . .	Seite 10
WÄRMELEITFÄHIGKEIT, WÄRMELEITZAHL $\lambda$ . . . . .	Seite 11
WÄRMEDURCHLASSWIDERSTAND D/R . . . . .	Seite 11
WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U-WERT . . . . .	Seite 11
WÄRMESPEICHERUNG . . . . .	Seite 11
FEUCHTIGKEIT, TAUPUNKT, . . . . .	Seite 12
WASSERDAMPFDIFFUSIONSWIDERSTAND . . . . .	Seite 12
Druck, Arbeit, Kraft, Shore-Härte, Spez.Gewicht, Stauchung, Zugfestigkeit, usw . . . . .	Seite 13

# BRANDSCHUTZ

## Vorwort

Feuer zählt seit jeher zu den wichtigsten Elementen im Leben der Menschen, gleichzeitig aber auch zu den gefährlichsten. Es ermöglicht uns einerseits Lebensqualität, jedoch – außer Kontrolle geraten – bringt es uns um Hab und Gut, und im schlimmsten Fall ums Leben.

## Allgemein

Unter vorbeugendem Brandschutz versteht man alle Maßnahmen, welche vor Brandausbruch darauf abzielen, Brände möglichst an ihrer Ausbreitung zu hinder.

- Beispiele
- bauliche und organisatorische Maßnahmen
  - Bereitstellung von Mitteln für die erste und erweiterte Löschhilfe
  - Versorgung mit Löschmitteln
  - Vorbereitung für Rettungs- und selbstrettungsaktionen zu Erleichterung der Brandbekämpfung

## Baulicher Brandschutz

Ist die Gesamtheit aller baulichen Maßnahmen zu Verhütung von Brandschäden, insbesondere zu Verhinderung der Brandausbreitung, zu Erleichterung der Brandbekämpfung sowie zu Rettung oder Selbstrettung von Personen.

- Forderungen an Baustoffe und Bauteile
- Forderungen an Brandschutzeinrichtungen
- Festlegungen in Bauordnung, techn. Richtlinien, nationale und internationale Normen

## Begriffsbestimmungen

Gemäß ÖNORM F 1000: vorbeugender Brandschutz

- Brandabschnitt** Teil eines Gebäudes, einer Gebäudegruppe oder eines Geländes, der durch Brandmauern, brandbeständige Decken, Brandschutzstreifen oder Schutzzonen begrenzt ist.
- Brandbelastung** Wärmemenge /m<sup>2</sup> der bebauten Grundfläche, die sich beim vollständigen Verbrennen der auf dieser Fläche Befindlichen Stoffe entwickelt (MJ/m<sup>2</sup>)
- Brandbrücke** Brennbares Gebäude, Gebäudeteil etc., die eine Schutzzone, Brandstreifen oder Brandmauer so überbrücken, daß sich ein Brand auf andere Abschnitte ausbreiten kann.
- Brandwand** Mindestens brandbeständige Trennwand zu Bildung von Brandabschnitten. Eine an der Grundstücksgrenze stehenden Brandwand bezeichnet man als Feuermauer oder äußere Brandwand.
- Brandschutztüre** Entspricht der ÖN B 3850 hinsichtlich Ausführung und Brandwiderstandsdauer, Brandwiderstandsklassen T30, T60, T90
- Brandwiderstandsdauer** Zeitdauer während der ein Bauteil bei einer Prüfung gemäß den Anforderungen der ÖN B 3800-2 der Feuerwirkung Widerstand leistet.
- Brandwiderstandsklasse** Kurzbezeichnung für die Brandwiderstandsdauer in Minuten F 30, W 30, G 30 (siehe auch ÖN B 3800 Teil 2,3,4) und T 30 (in ÖN B 3850) Brandwiderstandsdauer von 30 Minuten

## Brandverhalten Baustoffe

Im Brandfall spielt nicht nur die Art des Baustoffes eine wichtige Rolle, sondern auch die Brandbedingungen, die Art des Einsatzes, die Abmessungen etc. Zur Klassifizierung der Baustoffe gemäß ÖN B 3800/1 werden die wichtigsten Brandeigenschaften herangezogen und untersucht.

- Brennbarkeit
- Tropfenbildung
- Qualmbildung

### Brennbarkeit

Brennbarkeitsklassen	A	nicht brennbar
	B	brennbar
	B1	schwer brennbar (entflammbar)
	B2	normal brennbar (entflammbar)
	B3	leicht brennbar (entflammbar)

### Tropfenbildung

Tropfenbildungs-klasse	TR1	nicht tropfend
	TR2	tropfend
	TR3	zündend tropfend

### Qualmbildung

Qualmbildungs-klasse	Q1	schwach qualmend
	Q2	normal qualmend
	Q3	stark qualmend

## Brandverhalten Bauteile

Die ÖN B3800-2 dient zur Ermittlung und Beurteilung des Brandverhaltens von Bauteilen. Konkret Wände, Decken, Stützen, Verkleidungen und Ummantelungen. Sonderbauteile wie z.B. Außenwandbauteile, Brandschutzverglasungen, Dachdeckung etc. sind in der ÖN B3800-3 geregelt. Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch die Brandwiderstandsdauer gekennzeichnet.

Brandwiderstandsklasse	Brandwiderstandsdauer t in Minuten	Brandschutztechnische Bezeichnung
F 30	30 – 59 min ( $30 \leq t < 60$ )	brandhemmend / feuerhemmend*
F 60	60 – 89 min ( $60 \leq t < 90$ )	hochbrandhemmend / hochfeuerhemmend
F 90	90 – 179 min ( $90 \leq t < 180$ )	brandbeständig / feuerbeständig*
F 180	180 min ( $180 \leq t$ )	hochbrandbeständig / hochfeuerbeständig

\* in österreichischen Gesetzestexten noch verwendete bautechnische Bezeichnung

## Bundesgesetze, Verordnungen

Welche bei der brandschutztechnischen Planung Bedeutung haben, z.B. Arbeitnehmerschutzvorschriften, Gewerbeordnung, ..

### AschG 1996 / AschVO 1973

Zuständigkeit: Magistrat, BH; Überwachung durch Arbeitsinspektorat

Inhalt: Schutz von Leben und Gesundheit der Arbeitnehmer  
Verordnung über Einrichtungen in Betrieben für den Arbeitnehmerschutz

Ziele: Sicherheit der Arbeitnehmer  
Einhaltung und Gewährleistung ergonomischer Arbeitsplätze

Brandschutz: Umfangreiche organisatorische und technische Brandschutzmaßnahmen zu Schutz der Arbeitnehmer

## Landesgesetze

In den Bereich der Landeskompetenzen fällt das Baurecht, allgemeines Feuerpolizeirecht, Garagengesetz und Bestimmungen zur Feuerbeschau.

### Baurecht

Inhalt: Gesetzliche Bestimmungen für die Errichtung eines baulichen Vorhabens

Ziele: Regelung des Bauwesens im jeweiligen Bundesland  
Gewährleistung des öffentlichen Sicherheit und Ordnung  
Nachbarschaftsschutz etc.

Brandschutz: Umfangreiche Bestimmungen zum vorbeugenden Brandschutz (VO: Regelung technischer Details)

### Allgemeines Feuerpolizeirecht

Inhalt: Bestimmungen zur Verhütung von Bränden und Begrenzung ihrer Auswirkungen

Ziele: Brandverhütungsmaßnahmen, Brandbegrenzungsmaßnahmen, Überwachung der Brandsicherheit von Gebäuden

Brandschutz: Umfangreiche Bestimmungen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung

*Die Baugesetzordnung ist in Österreich Landessache, deswegen sind auch die wichtigsten Bestimmungen des vorbeugenden baulichen Brandschutzes in der Landesgesetzgebung, vor allem in der jeweiligen Bauordnung, verankert!*

Homepages zum Thema Brandschutz:

[www.noezsv.at](http://www.noezsv.at)

[www.brandschutz.at](http://www.brandschutz.at)

[www.ifbs.at](http://www.ifbs.at)

[www.firefighter.at](http://www.firefighter.at)

NÖ Zivilschutzverband

Verlag Brandschutzkatalog

Institut Brandschutz und Sicherheit

Brandschutzthemen allgemein

## Europäische Klassifizierung zum Brandverhalten

Charakteristische Leistungseigenschaften nach ÖNORM EN 13501-1 > siehe IBS-Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GesmbH, [www.ibs.at](http://www.ibs.at) ;

## ENERGIEAUSWEIS

Seit 2006 muss nach der "EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden" beim Verkauf oder der Vermietung (In-Bestand-Gabe) eines Nutzungobjektes ein "Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden" ausgestellt werden.

Weiteres unter [www.energieausweis-aussteller.at](http://www.energieausweis-aussteller.at)

## NIEDRIGENERGIEHAUS

Als Niedrigenergiehaus bezeichnet man einen Energiestandard für Neubauten aber auch sanierte Altbauten die gewisse geforderte energietechnische Anforderungsniveaus unterschreiten.

Das ÖÖ. Niedrigenergiehaus (z. Bsp.) ist als Haus mit einer Nutzheiz-Energiekennzahl kleiner  $50\text{kWh/m}^2\text{a}$  definiert. In Deutschland hat die Gütegemeinschaft Niedrigenergiehaus (e.V.) beispielsweise eine recht exakte Definition ausgearbeitet. Im Wesentlichen wird darin ein um 30% niedrigerer Energiebedarf gefordert als in der Wärmeschutzverordnung von 1995, weiters Wärmebrückenvermeidung, Kontrolle der Luftdichtheit mittels Messung und eine Lüftungsanlage. Dafür wurde auch ein RAL-Gütezeichen definiert.

Richtwerte für die Bauteile: Es gibt keine generellen Aussagen über notwendige U-Werte, da diese auch stark von der Bauform abhängen. Als Anhaltspunkte für die U-Werte können gelten:

- Außenwände: Etwa  $0,2\text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster: Verglasung  $0,9\text{ W/m}^2\text{K}$ , gesamtes Fenster  $1,2\text{ W/m}^2\text{K}$
- Decken und Dachschrägen: Etwa  $0,15\text{ W/m}^2\text{K}$

## PASSIVHAUS

Unter einem Passivhaus wird in der Regel ein Gebäude mit einer Lüftungsanlage (Komfortlüftung mit vorgewärmter, gereinigter Luft) verstanden, welches aufgrund seiner Dichtheit und guten Wärmedämmung keine klassische Heizung benötigt. Diese Häuser werden „passiv“ genannt, weil der überwiegende Teil des Wärmebedarfs aus „passiven“ Quellen gedeckt wird. Von der einstrahlenden Sonne bis hin zur Energie, die im Hausinnern anfällt wie die Abwärme der Bewohner, des Backofens oder der Beleuchtung. Der Standard ist nicht auf bestimmte Gebäudetypen beschränkt, und ebenso auch bei Umbauten und Sanierungen umsetzbar. Ein Passivhaus benötigt zum Heizen ca. 1,5 Liter Öläquivalente pro Quadratmeter im Jahr, die nachhaltig zu 100% aus erneuerbaren Energieträgern gedeckt werden können. D. h. rund 80-90 Prozent weniger Raum-Heizkosten als im konventionellen Wohnhaus. >

- U-Werte aller Bauteile bei großvolumigen Objekten  $\leq 0,15\text{ W/m}^2\text{K}$ , bei Einfamilienhäusern  $\leq 0,10\text{ W/m}^2\text{K}$
- Verglasung mit Ug-Werten  $\leq 0,8\text{ W/m}^2\text{K}$  und einem g-Wert  $\geq 50\%$
- Fensterrahmen mit einem Uf-Wert  $\leq 0,8\text{ W/m}^2\text{K}$  nach DIN EN 10077
- Wärmebrückenfreie Ausführung bezogen auf das Außenmaß
- Durchgängigkeit der luftdichten Ebene
- Durchgängigkeit der winddichten Ebene

- Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung  $\geq 75\%$  (nach PHI Zertifikat) bei niedrigem Stromverbrauch ( $\leq 0,4 \text{ Wh/m}^3$ )
- Niedrigste Wärmeverluste bei der Brauchwasserbereitung und –verteilung
- Hocheffiziente Nutzung von elektrischem Haushaltsstrom
- Berechnung mit dem PHPP (Passivhaus Projektierungs- Paket) gemäß Passivhaus Institut Darmstadt, Dr. Wolfgang Feist

**Allerdings genügt es nicht bloß einzelne Komponenten zu kombinieren. Essentiell ist das funktionieren des Gesamtkonzeptes.**

weitere Infos >>> [www.igpassivhaus.at](http://www.igpassivhaus.at)

# SCHALLSCHUTZ

## Was ist Schall?

Schall ist eine mechanische Schwingung von gasförmigen, flüssigen oder festen Medien. In der Bau- und Raumakustik ist vor allem die Wirkung des Schalls in der Luft sowie in Bauteilen – *der sogenannte Körperschall* – von Bedeutung. In der Luft (20°C und 1013 hPa) breitet sich der Schall mit einer Geschwindigkeit von rund 343m pro Sekunde (1234,8km/h) aus. Die beiden wesentlichen Merkmale des Schalls sind der Schalldruck (entsprechende Stärke) und die Frequenz (entsprechend der Tonhöhe). Hörbarer Bereich liegt zwischen 16 und 20.000 Hz je nach Alter der Testperson. Mit zunehmendem Alter sinkt der hörbare Bereich. Schalleffekte unter einer Frequenz von 16 Hz nennt man Infraschall, über 20.000 Hz Ultraschall. Als Schall bezeichnet man mechanische Schwingungen und Wellen, die durch Luftdruckschwankungen am Trommelfell des Ohres wahrgenommen werden. Pflanzen sich die Schwingungen in der Luft fort, so spricht man von „LUFTSCHALL“.

## Bewertetes Schalldämm-Mass $R_w$

Das Schalldämmmass  $R$  eines Bauteils ist von der Frequenz abhängig. Der bauakustische Frequenzbereich erstreckt sich von 100 Hz. bis 3150 Hz.  $R$  kennzeichnet das zehnfache logarithmische Verhältnis von der auf das Bauteil auftreffenden Schalleistung  $P_1$  zu der von diesem Bauteil abgestrahlten Schalleistung  $P_2$ . Aufgrund dieses logarithmischen Maßstabes stellt eine Verbesserung der Schalldämmung von 10 dB eine Halbierung der Lärmbelastung dar.

## Schalldruck und Schallpegel

Der Schalldruck (Pa) eignet sich für die Quantifizierung eines bestimmten Schalles nicht. Denn zwischen der Hörschwelle und der Schmerzgrenze liegt ein Faktor 1 000 000. Dieser Schalldruck überlagert sich dem atmosphärischen Druck von rund 100 kPa. Zudem orientiert sich das Gehör nicht an absoluten, sondern an relativen Schalldruckänderungen. In der Akustik ist deshalb die logarithmische Skala der Schallpegel (dB) gebräuchlich. Der Schalldruckpegel als Mass einer Schallquelle ist also nichts anderes als der in einer logarithmischen Skala aufgeführte Schalldruck.

*Die Wahrnehmung ist zudem frequenzabhängig: Hohe Töne sind, bei gleicher Leistung, besser hörbar als tiefe.*

Zudem sind Geräusche meist eine Kombination von Tönen verschiedener Frequenzen. Bei Maschinen werden in der Regel weniger als 0,01% ihrer Leistung in Schall konvertiert. Bei Musikinstrumenten sind es rund 1%, bei Lautsprechern bis zu 10%. Den höchsten Wirkungsgrad erreicht diesbezüglich die Sirene: 50% der Leistung wird in Schall umgewandelt.

SCHALLPEGEL	SCHALLQUELLE	SCHALLDRUCK
170 dB		
	Sturmgewehr	
160 dB	Pistole 9mm	1 kPa
150 dB	Bolzensetzgerät	
140 dB	Düsenflugzeug in 30m Entfernung	100 Pa
	<b>Schmerzschwelle</b>	
120 dB	Unwohlseinschwelle	
110 dB	Propellerflugzeug in 7m Entfernung	
100 dB	Disco, 1m vom Lautsprecher	1 Pa
85 dB	<b>Gehörschutzpflicht am Arbeitsplatz</b>	
	Strassenverkehr, laute Radiomusik	100 mPa
70 dB		
	Normale Sprache in 1m Abstand	
60 dB		
	Wohnzimmer, leises Gespräch	
40 dB	Leseraum	1 mPa
30 dB	Flüstern, Blätterrauschen	
20 dB	leichter Wind, Ticken einer Uhr	
10 dB	Schneefall	
	<b>Hörschwelle unhörbar</b>	
0 dB		

## LÄRM IST SCHALL, DER STÖRT ODER SCHÄDIGT.

Wird ein Schallpegel um ca 10dB ermäßigt bzw. erhöht, entsteht für das menschliche Ohr der Eindruck der Halbierung bzw. der Verdoppelung der Lautstärke des ursprünglichen Geräuscheindrucks.

### Rot schreit am lautesten

Die Wahrnehmung von Geräuschen ist ganz wesentlich subjektiv geprägt. Wohnungsnachbarn, die einem auf den Nerv gehen, sind „lärmig“, während angenehme Mitbewohner „kaum hörbar“ sind. Ein weiteres Beispiel der subjektiven Beeinflussung liefern Farben von Lärm verursachenden Verkehrsmitteln. Rote Sportwagen werden deutlich lauter wahrgenommen als – zum Beispiel – grüne; die „leiseste“ Farbe ist lindgrün. Quelle: TU München – März 2004

### Schallanalyse

Zur sorgfältigen Planung von Schallschutzmassnahmen dient eine präzise Schallanalyse. Neben der eigentlichen Schallleistung sind die Verläufe in Abhängigkeit der Frequenz und der Zeit von Interesse. Die Frequenzanalyse ist schon deshalb von Bedeutung, weil das menschliche Gehör frequenzabhängig empfindet und weil Schallschutzmassnahmen ebenfalls in den Frequenzbändern sehr unterschiedlich wirken. Aufgrund detaillierter Angaben lassen sich Bauteile respektive die Kombination von Bauteilen für den Schallschutz optimieren.

### Bewertete Schallpegel

Je nach Tonhöhe ist die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres höchst unterschiedlich. Das beeinflusst naturgemäß die Wahrnehmung von Schalleffekten sehr stark. Um dieses Phänomen wenigstens annähernd zu berücksichtigen werden Schallpegel einer Schallquelle in Abhängigkeit der Frequenz korrigiert. Diese Werte tragen die Einheit dB(A), entsprechend dem Korrekturmodus A.

### Trittschalldämmung

Ist die Schalldämmung von Trittschall. Trittschall entsteht beim Begehen von Fußböden und Treppen, aber auch beim Sesselrücken oder beim Hüpfen auf Böden.

Die Anforderungen an Trittschalldämmung werden in der ÖNORM EN ISO 10052 (Ausgabedatum 1.4.2005) geregelt.

#### *Trittschalldämmverbesserungsmass mit Kork*

ProfilCork DPW 2,5mm + 12mm Pakettboden	20dB
AcoustiCork 8244 in 2mm + 9mm Parkettboden	18dB
AcoustiCork 8244 in 3mm + 20mm Klebeparkett	21dB

### DEZIBEL

Der Schalldruckpegel wird in Dezibel dB angegeben. Ein Dezibel ist der zehnte Teil eines Bels. Das Bel ist eine physikalische Größe, sondern besagt nur, dass es sich bei dem Wert um den Logarithmus eines Verhältnisses handelt. Beim Schalldruck ist es das Verhältnis des Schalldrucks im Vergleich zu einem Bezugsschalldruck – der Hörschwelle.

Rechnen mit Dezibel > Die Angabe des Schalldruckes in Dezibel ist der Grund dafür, dass zwei Schallpegel nicht einfach arithmetisch addiert werden können. Einige Beispiele wie sich der Schallpegel ändert, wenn sich die Anzahl der Schallquellen erhöht oder verringert.

Verdoppelung der Anzahl der Schallquellen:	+ 3 dB
Verfünffachung der Anzahl der Schallquellen:	+ 7 dB
Verzehnfachung der Anzahl der Schallquellen:	+ 10 dB
Halbierung der Anzahl der Schallquellen:	- 3 dB

### Lärm schadet der Gesundheit

„Lärm ist das Geräusch der anderen“, schrieb Kurt Tucholsky schon vor Jahrzehnten.

Insofern ist jede Person und jedes Aggregat eine potenzielle Lärmquelle für andere. Heute ist die Lärmbelastung zu einer „Volkskrankheit“ geworden. Denn: wer über längere Zeit einer Belastung von über 70dB ausgesetzt ist, muss mit gesundheitlichen Schäden rechnen. Typisch dafür sind Herz-Kreislauf-Beschwerden, Veränderungen im Stoffwechsel und des Blutdrucks, Schlafstörungen und Depressionen!



## TEMPERATUR

Die Temperatur ist eine physikalische Größe. Ihre SI-Einheit ist das Kelvin (K). In Österreich, Deutschland und der Schweiz ist die Einheit Celsius (°C).

$$0\text{ °C} = 273,15\text{ Kelvin} = 32\text{ Fahrenheit}$$

Die Temperatur eines Körpers ist eine stoffliche Eigenschaft (intensive Größe, die durch Teilen gleich bleibt), während Energie Eigenschaften einer Menge hat (extensive Größe, die aufgeteilt werden kann). Bringt man 2 Körper unterschiedlicher Temperatur in Kontakt, fließt solange Wärme vom Körper mit der höheren Temperatur zum Körper mit der geringeren Temperatur, bis beide Körper die gleiche Temperatur haben. Die Endtemperatur liegt dabei nicht außerhalb der beiden Anfangstemperaturen.

### Temperatur und Wärme

Die Temperatur wird manchmal als Maß für die Wärme missverstanden. Die Wärme, oder Wärmeenergie, ist jedoch eine von der Temperatur verschiedene physikalische Größe. Die Temperatur beschreibt den Zustand eines Systems, während die Änderung der Wärmeenergie die Änderung des Systemzustandes charakterisiert. Die Veränderung der Wärmeenergie führt dabei bei verschiedenen Arten von Zustandsänderungen (z.B. isobar oder isochor) zu unterschiedlichen Temperaturveränderungen. Das jeweilige Verhältnis von Wärmeänderung und Temperaturänderung heißt Wärmekapazität.

Wärme bewegt sich immer vom System höherer Temperatur zum System niedrigerer Temperatur, wenn eine Wärmeübertragung zwischen den Systemen möglich ist. Dies führt auch zu einem Temperatúrausgleich, wobei die Wärmeübertragung endet, wenn die Systeme sich im thermodynamischen Gleichgewicht befinden, also dieselbe Temperatur haben. Dabei hängt die Endtemperatur von der Wärmekapazitäten der beteiligten Systeme ab. Bei einer höheren Wärmekapazität führt dieselbe Änderung der Wärme zu einer geringeren Änderung der Temperatur. Das bedeutet, dass die Endtemperatur beim Mischen gleicher Mengen zweier Stoffe mit verschiedener Wärmekapazität und Anfangstemperatur näher an der Temperatur des Stoffes mit der höheren Wärmekapazität liegt. Ein anschauliches Beispiel liefert der Vergleich von Wasser und Luft. Wasser hat eine sehr viel höhere Wärmekapazität als Luft, daher kann eine Badewanne voll heißen Wasser ein Zimmer viel mehr erhitzen als dieselbe Menge Luft derselben Temperatur.

### Temperaturempfinden

- Die gefühlte Temperatur ist bei Wind niedriger als bei Windstille. Der Effekt wird bei Temperaturen  $< 0\text{ °C}$  durch den Windchill und bei höheren Temperatur durch den Hitzeindex beschrieben.
- Temperaturen oberhalb der Oberflächentemperatur der Haut fühlen sich warm an, solche unterhalb empfinden wir als kalt.
- Ein leicht beheizter, gefliester Fußboden kann mit den nackten Füßen als angenehm warm, mit den Händen berührt als kühl empfunden werden. Dies ist der Fall, wenn die Temperatur der Fliesen zwischen der Temperatur von Händen und Füßen liegt.

### Temperaturbeispiele

ca 14.800°C	Zentrum der Sonne
ca 950°C	Flamme eines Gasherdes
ca 400°C	Pizzaofen
ca 300°C	Selbstzündung von Speiseöl
100°C	Siedepunkt von Wasser bei Normaldruck
36-37°C	Körpertemperatur eines gesunden Menschen
0°C	Gefrierpunkt von Wasser bei Normaldruck
- 270°C	Temperatur des Weltalls

## WÄRME

Wärme ist Energie (Bewegungsenergie der Moleküle) und eine physikalische Größe. Die Moleküle eines kalten Körpers bewegen sich langsamer als die eines warmen Körpers. Bei  $-273^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{K}$ ) kommt diese Molekülbewegung gänzlich zum Stillstand. Wärme in der Thermodynamik ist über eine Systemgrenze hinweg transportierte thermische Energie. Die SI-Einheit = Joule (J)

$$1 \text{ Joule (J)} = 1 \text{ Newtonmeter (Nm)} = 1 \text{ Wattsekunde (Ws)}$$

1 Joule ist gleich der Energie, die benötigt wird, um:

- Über die Strecke von einem Meter die Kraft von einem Newton aufzuwenden (1 Newtonmeter) – etwa um einen Körper mit der Masse  $0,102\text{kg}$  um einen Meter anzuheben – oder
- Für die Dauer einer Sekunde die Leistung von einem Watt (entspricht in etwa der Leistung des menschlichen Herzens) aufzubringen (1 Wattsekunde) oder
- Ein Gramm Wasser von  $15^{\circ}\text{C}$  um ca  $0,239 \text{ K}$  (Kelvin) zu erwärmen.

### Wärmemenge Q

Die Wärmemenge Q ist das Maß der Energiezufuhr, um einen Stoff zu erwärmen. Bis 1.1.1978 wurde die Wärmemenge in kcal gemessen.

$$1 \text{ kcal} = 4.190 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,163 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ kcal} = 3,6\text{kJ}$$

## WÄRMEDÄMMUNG

Wärmedämmung soll den Durchgang von Wärmeenergie möglichst reduzieren, Umgangssprache „Isolierung“.

Wärmedämmungen sind wichtig zur Verbesserung des Wärmeschutzes, Verminderung der Heizkosten, zur Erhöhung der Wohnqualität und zur Vermeidung von Bauschäden (z.B. Feuchtigkeitsschäden).

Optimale Wärmedämmung erhöht zwar die Baukosten, senkt aber nachhaltig die Heizkosten.

### Wärmedämmstoffe

Ökologische Materialien: Kork, Kokos, Flachs, Hanf, Holzwolle, Holzfasern, ...

Mineralische Fasern: Glas- & Steinwolle

Künstliche organische Schäume: Polyethylen, Polystyrol, Polyurethan, ...

Mineralische Schäume: Porenbeton, Perlite, Blähton, Schaumglas, ...

### Wärmebrücken

sind Bereiche in der Bauhülle, welche eine geringere Wärmedämmung oder eine größere Wärmeabfuhr aufweisen, als die umgebenden Bauteile. An diesen Stellen ist die Oberflächentemperatur auf der Raum-Innenseite meist geringer.

Wegen diesem Abkühleffekt werden diese daher häufig als Kältebrücken bezeichnet. Kalte Oberflächen erhöhen die Gefahr von Tauwasserbildung, welche z.B. den idealen Nährboden für Schimmelbildung bildet, was oft die Ursache von erheblichen Bauschäden ist. Dies wäre durch sorgfältige konstruktive Planung (z.B. mit entsprechenden Aufbauten und Wärmedämmungen) einfach und kostengünstig zu vermeiden!

### Wärmeleitfähigkeit, Wärmeleitzahl $\lambda$

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  [W/mK] beschreibt das Vermögen eines Stoffes, Wärmeenergie zu transportieren. Der Zahlenwert gibt an, welche Wärmemenge in einer Sekunde durch 1m<sup>2</sup> einer 1Meter dicken Schicht hindurchgeht, wenn zwischen den beiden Oberflächen eine Temperaturdifferenz von 1°K (1°C) besteht.

Je kleiner der Lambda-Wert, um so schlechter ist die Wärmeleitung > umso besser ist die Wärmedämmung.

Füllen sich die wärmedämmenden Luftporen (z.B. bei einem porösen Baustoff) mit Wasser, so wird 25mal mehr Wärme weitergeleitet. Feuchte durch eindringendes Wasser ist deshalb unerwünscht und Dämmstoffe müssen unbedingt trocken gehalten werden.

Auch die Luftdichtheit ist eine entscheidende Größe für die Wärmedämmung. Entsprechend einer Untersuchung des Instituts für Bauphysik in Stuttgart verschlechtert sich der U-Wert einer Wärmedämmkonstruktion, bei einer Fuge von 1mm Breite, um den Faktor 4,8.

Baustoffwerte (Lambda W/mK), angeführte Daten sind Richtwerte, sie können abhängig von Produktart, Produktionsprozess und Hersteller auch davon abweichen.

Eisen	60,0	Kupfer	380,0	Glas	0,810
Klinker	1,10	Vollziegel	0,700	Stahlbeton	2,330
Baumwolle	0,040	Extr. Polystyrol XPS	0,034	Dämmkork	0,040

Normen:	ON B6031 und EN 13170	AMORIM Dämmkork
	EN ISO 6946	Bauteile – Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
	EN ISO 7345	Wärmeschutz – Physikalische Größen und Definitionen
	EN ISO 9346	Wärmeschutz – Stofftransport – Physikalische Größen und Definitionen

### Wärmedurchlasswiderstand D/R [m<sup>2</sup>K/W]

Der Wärmedurchlasswiderstand D einer Schicht von der Dicke d eines Stoffes ist der Reziprokwert des Wärmedurchlasskoeffizienten.  $D = d/\lambda$  Je größer der Wert, desto besser ist die Wärmedämmung. Besteht ein Bauteil aus mehreren unterschiedlichen Schichten, so werden die D-Werte der einzelnen Schichten addiert.

### Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert [W/m<sup>2</sup>K]

Ein Maß für die Wärmeverluste durch einen Bauteil ist sein U-Wert, einer der wichtigsten wärmetechnischen Kennwerte. Der Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert (früher k-Wert) gibt an, welche Wärmeleistung in Watt (W) durch 1 m<sup>2</sup> einer Konstruktion hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied der Luft zu beiden Seiten der Konstruktion 1 Kelvin (1°C) beträgt.

### Wärmespeicherung

Wärmespeicherung darf nicht mit Wärmedämmung verwechselt werden. Das Maß für die aufgenommene Wärmemenge eines Stoffes ist die spezifische Wärmekapazität c, die auf das Gewicht des Stoffes bezogen ist und die Speicherzahl S, welche die eingespeicherte Energie auf das Volumen bezieht.

Bei nur kurzzeitig genutzten Räumen (Wochenendhäuser, Hobbyräume usw.) ist eine gute Wärmespeicherung je nach Nutzung, zu vermeiden. Um 1m<sup>3</sup> Luft um 1° zu erwärmen brauchen wir 0,36kWh, für das gleiche Ziegelvolumen aber 450kWh. Bei sehr kurzer Nutzung müssen die Wände mehr als der Raum geheizt werden, bei geringen Speichermassen ist jedoch ein behagliches Raumklima sehr schwer sicherzustellen – „Barackenklima“.

## FEUCHTIGKEIT

Nicht nur Oberflächenwasser und die Bodenfeuchtigkeit können zu Schäden führen, sondern in verstärktem Maße die innere Durchfeuchtung durch Kondensation.

### Der Wasserdampf

Wasserdampf entsteht durch Verdunsten von Wasser, und zwar bei jeder Temperatur: Durch die Atmung von Menschen, in Nassräumen und Küchen usw. werden große Mengen Wasserdampf frei (ca 8-10l/Tag bei einem 4-Personen-Haushalt). Die Luft nimmt eine ganz bestimmte Menge an Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf auf. Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit speichern als kalte Luft.

Maximale Luftfeuchtigkeit = Sättigungsmenge die bei einer bestimmten Temperatur in einem Kubikmeter Luft maximal mögliche Wasserdampfmenge, Einheit [g/m<sup>3</sup>]. = 100% relative Luftfeuchtigkeit

Absolute Luftfeuchtigkeit = tatsächlich enthaltene Menge Wasser in einem Kubikmeter Luft [g/m<sup>3</sup>]

Relative Luftfeuchtigkeit = vorhandene Menge Wasser in Form von Wasserdampf, bei einer bestimmten Lufttemperatur, in einem Kubikmeter Luft, Einheit %

### Taupunkt

Wird feuchte Luft erwärmt, so sinkt die relative Luftfeuchtigkeit bei gleicher absoluter Feuchtigkeitsmenge je m<sup>3</sup> Luft. Wird jedoch feuchte Luft abgekühlt, so steigt der relative Luftfeuchtigkeitsgehalt bis zur Sättigung der Luft (100%). Wird die Luft weiter abgekühlt, so muss die Luft Wasserdampf in Form von Nebel oder Tauwasser ausscheiden. Die Temperatur, bei der das geschieht, wird als Taupunkttemperatur bezeichnet.

### Wasserdampfdiffusionswiderstand ( $\mu$ - Mü)

Die Zahl  $\mu$  ist der Verhältnissfaktor, der angibt, wievielfach dichter ein Stoff ist als Luft. Je kleiner  $\mu$ , desto besser kann der Wasserdampf durchdringen. Mü-Werte bis 10 zeigen sehr gute Diffusionswerte an, bei Werten von 50 bis 500 ist die Diffusionsfähigkeit erheblich eingeschränkt.

*Der Wasserdampfdiffusionswiderstand von Baustoffen, die im Innenraum verwendet werden, ist wichtig für das Raumklima!*

Luft = 1

Dämmkork = 18

Lehm = 4-6

Polystyrol = ca 50

Gipskarton = 10

Beton = 50 - 100

## **BAUPHYSIK**

### **DRUCK**

Der Druck  $p$  (engl. Pressure) - Die SI-Einheit des Druckes ist das Pascal Pa.

Ein Pascal ist der Druck den eine Kraft von einem Newton auf eine Fläche von  $1\text{m}^2$  ausübt.

$$1 \text{ Pa} = 1\text{N/m}^2$$

Dekapascal: Lüftungstechnik (daPa)

Hektopascal: Luftdruck (hPa)

Megapascal: (MPa) Thermodynamik, Sprengstoff

Gigapascal: (GPa) Drücke die Kohlenstoff in Diamanten verwandeln

Zahlenverhältnis:  $100 \text{ Pa} = 10 \text{ daPa} = 1\text{hPa} = 1 \text{ mbar}$

$$100.000 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar} = 1000 \text{ mbar}$$

$$1.000.000 \text{ Pa} = 1\text{MPa} = 10 \text{ bar} = 1 \text{ N/mm}^2$$

### **ENERGIE, ARBEIT**

Arbeit = Kraft . Weg / SI-Einheit = Joule /  $1 \text{ Joule} = 1 \text{ Newton} . 1 \text{ Meter} / 1\text{J} = 1\text{N} . 1\text{m} / 1 \text{ Joule} = 1 \text{ Watt} . 1 \text{ Sekunde}$

Ein Joule ist gleich der Energie, die benötigt wird, um:

- über die Strecke von einem Meter die Kraft von einem Newton aufzuwenden od.
- für die Dauer einer Sekunde die Leistung von einem Watt aufzubringen
- ebenfalls erwärmt  $4,18 \text{ Joule}$  ein Gramm Wasser um ein Kelvin

### **KRAFT**

Kraft = Masse . Beschleunigung /  $F = m . a$  / SI-Einheit = Newton

Ein Newton ist die Kraft, die benötigt wird um einen ruhenden Körper der Masse  $1\text{kg}$  innerhalb  $1 \text{ Sekunde}$  gleichförmig auf die Geschwindigkeit  $1\text{m/s}$  zu beschleunigen.

### **SHORE-HÄRTE**

benannt nach Albert Shore, ist ein Werkstoffkennwert für Elastomere und Kunststoffe.

Shore-A wird angegeben bei Weich-Elastomeren nach Messung mit einer Nadel mit abgestumpfter Spitze. Die Stirnfläche des Kegelstumpfs hat einen Durchmesser von  $0,79\text{mm}$ , der Öffnungswinkel beträgt  $35^\circ$ . Auflagegewicht:  $1\text{kg}$ , Haltezeit:  $15\text{sec}$

Shore-D wird angegeben bei Zäh-Elastomeren nach Messung mit einer Nadel, die mit einem  $30^\circ$  Winkel zuläuft und eine kugelförmige Spitze mit einem Radius von  $0,1\text{mm}$  hat. Auflagegewicht:  $5\text{kg}$ , Haltezeit:  $15 \text{ sec}$

### **SPEZIFISCHE GEWICHT**

Eines Körpers ist das Verhältnis der auf ihn wirkenden Gewichtskraft zur Gewichtskraft des Wassers unter Normalbedingungen (NTP).

Einheit: Kilogramm pro Kubikmeter,  $\text{kg/m}^3$

### **STAUCHUNG**

Unter Stauchung versteht man eine relative Längenänderung eines durch Druckkräfte beanspruchten Körpers.

### **ZUGFESTIGKEIT**

Als Zugfestigkeit wird die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffs bei der Einwirkung von Zugkräften bezeichnet.

Maßeinheit:  $\text{N/mm}^2$  oder MPa / Kraft pro Fläche

## ADHÄSION / KOHÄSION

Adhäsion „anhaften“ auch Anhangskraft genannt, ist der Zustand einer Grenzflächenschicht.

- die Haftfähigkeit und Festigkeit zwischen Klebstoffen oder Farben und der Materialoberfläche
- zwischen Feststoffen und Flüssigkeiten (zwei unterschiedlichen Phasen)

Kohäsion „zusammenhängen“ auch Zusammenhangskraft genannt, bezeichnet man in der Physik und Chemie die Bindungskräfte zwischen Atomen sowie zwischen Molekülen innerhalb eines Stoffes (Oberflächenspannung)

## TOXIZITÄT

bedeutet *die Giftigkeit* einer Substanz (Stoffeigenschaft) und wird mit Hilfe verschiedener Verfahren bestimmt. Die bekannteste Messgröße ist der LD50 bzw. LC50-Wert. Die toxische Wirkung eines Stoffes auf Lebewesen ist Aufnahmeabhängig (oral, Atmung, Hautkontakt, intravenös).

DER INHALT BASIERT AUF DEM DERZEITIGEN STAND DER TECHNIK!  
IRRÜMER UND FEHLER VORBEHALTEN!