

Interreg



EUROPÄISCHE
UNION

Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



BAUWESEN

Bauphysik



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

Inhalt

1. Grundbegriffe, Ziele und Aufgaben der Bauphysik I, Gesetzgebung	2
2. Randbedingungen für die wärmetechnischen Berechnungen	3
3. Wärmetechnische Eigenschaften von Baustoffen	5
4. Wärmeabfuhr	7
5. Wärmewiderstand, Wärmedurchgangskoeffizient	9
6. Linearer Wärmedurchgangskoeffizient	11
7. Innenoberflächentemperatur	13
8. Diffusion und Kondensation von Wasserdampf	14
9. Senkung der Berührungstemperatur des Bodenbelags der Struktur	18
10. Wärmebeständigkeit im Sommer	20
11. Wärmebeständigkeit im Winter	21
12. Bau-Energie-Eigenschaften des Gebäudes	22
13. Literature	25

I. GRUNDBEGRIFFE, ZIELE UND AUFGABEN DER BAUPHYSIK I, GESETZGEBUNG

Stabiler Temperaturzustand - ein Zustand, in dem sich die Temperaturverteilung im Körper im Laufe der Zeit nicht ändert.

Zweidimensionales Temperaturfeld - ein Ort, an dem zwei Strukturen (z.B. Wand und Dach, Wand- und Balkonplatte usw.) zusammenkommen und aufgrund der Verformung des Temperaturfeldes eine zweidimensionale (2D) Wärmeleitung erzeugen.

Dreidimensionale Wärmeleitung - kommen drei flache Strukturen (z.B. zwei Wände und ein Dach) zusammen, kann eine dreidimensionale (3D) Wärmeleitung auftreten.

Ziele der Bauphysik I

Ziel des Faches Bauphysik I ist es, die Studierenden mit den wärmetechnischen Standards vertraut zu machen, sodass diese die Grundanforderungen der wärmetechnischen Normen beurteilen können.

Standards

- CTS 73 0540-1: 2005 Wärmeschutz von Gebäuden. Teil 1: Terminologie
- CTS 73 0540-2: 2011 Wärmeschutz von Gebäuden. Teil 2: Anforderungen
- CTS 73 0540-3: 2005 Wärmeschutz von Gebäuden. Teil 3: Auslegungswerte für Mengen
- CTS 73 0540-4: 2005 Wärmeschutz von Gebäuden. Teil 4: Berechnungsmethoden
- CTS ES ISO 6946: 2009 Bauelemente und Gebäudestrukturen - Wärmewiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren.
- CTS ES ISO 13789: 2009 Wärmeverhalten von Gebäuden - Spezifische Wärmeströme durch Wärme und Lüftung - Berechnungsmethode
- CTS ES ISO 10211: Wärmebrücken im Bauwesen - Berechnung von Wärmeströmen und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen
- CTS ES ISO 13790: 2009 Wärmeverhalten von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für die Heizung
- CTS ES ISO 13789: 2009 Wärmeverhalten von Gebäuden - Spezifische Wärmeströme durch Wärme und Lüftung - Berechnungsmethode

2. RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE WÄRMETECHNISCHEN BERECHNUNGEN

Außenumgebung /-klima

Es ist wichtig, die Parameter der Außenumgebung /-klima in dem betrachteten Gebiet anzugeben, um die Elemente der Strukturen der Gebäudehülle und die Energiebewertung eines Gebäudes zu entwerfen. Die grundlegenden Klimatelemente sind Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Temperatur

Auslegungstemperatur der Außenluft im Winter. Sie hängt von der geografischen Lage und der Höhe des betrachteten Objekts ab. Die Gebietsaufteilung in die vier Grundtemperaturbereiche ist in Abb.1 dargestellt.

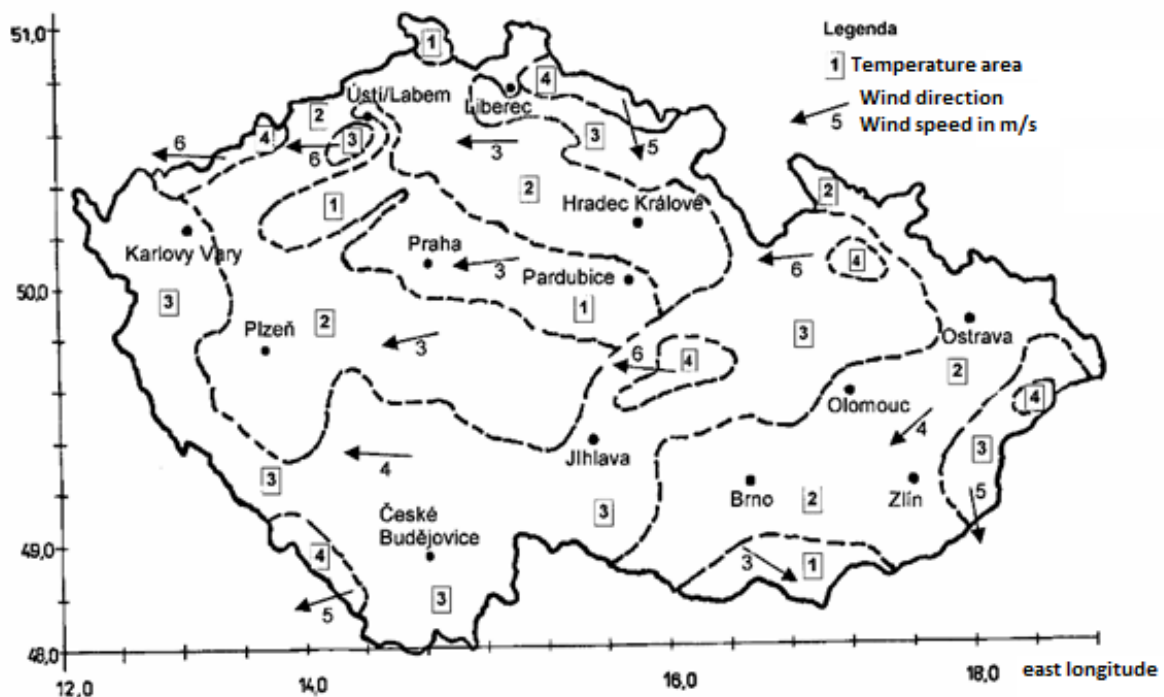


Abb. 1: Temperaturbereiche im Winter

Source: CTS 73 0540-3: 2005 Wärmeschutz von Gebäuden. Teil 3: Auslegungswerte für Mengen

Relative Luftfeuchtigkeit

Die Bemessung der relativen Luftfeuchtigkeit der Außenluft kann nach CTS 73 0540-3 bestimmt werden:

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17} [\%]$$

Wohnraumklima

Die Berechnungswerte der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit der Raumluft hängen in erster Linie vom Zweck der Objektnutzung ab.

Bemessung der Innentemperatur

Sie entspricht der resultierenden Betriebstemperatur im Raum. Es handelt sich also um einen Wert, der den Einfluss der Lufttemperatur und den Einfluss der Oberflächentemperaturen auf die begrenzten Strukturen beinhaltet. Sie wird in Berechnungen verwendet, die sich auf die Wärmeverluste und den Wärmebedarf für die Heizung beziehen.

Bemessung der Raumlufttemperatur

Sie ist notwendig für die Beurteilung der Struktur und Details von Gebäuden. Es handelt sich um die Temperatur der Raumluft ohne den Einfluss der Strahlung von Umgebungsflächen.

Relative Luftfeuchtigkeit

In den Berechnungen ist die relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft in Tabellenform am häufigsten, welche in der Tab. I. 1 in CTS 73 0540-3 in Bezug auf den Raumtyp dargestellt wird. Typischerweise beträgt der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit 50 %. Dieser Wert wird für alle öffentlichen Bereiche verwendet, mit Ausnahme von trockenen, feuchten und nassen Räumen.

3. WÄRMETECHNISCHE EIGENSCHAFTEN VON BAUSTOFFEN

Wärmeleitfähigkeit λ

Die Wärmeleitfähigkeit charakterisiert die Fähigkeit der Substanz, Wärme zu leiten. Sie ist definiert als die Wärmemenge, die pro Zeiteinheit durch den Körper strömen muss, so dass zur Längeneinheit ein einheitlicher Temperaturgradient entsteht. Es wird davon ausgegangen, dass die Wärme nur in eine Richtung übertragen wird.

Deklariertes Wert λ_D

Es handelt sich hierbei um den erwarteten Wert des Wärmeleitkoeffizienten eines Baustoffs oder Produkts. Er wird aus Messdaten unter Referenzbedingungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit bestimmt (diese werden durch spezielle Beziehungen bestimmt).

Der Hersteller weist die garantierte Qualität seiner Produkte nach. Die Bedingungen, unter denen das Material eingebaut wird, werden nicht berücksichtigt. Sie können nicht zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten verwendet werden.

Der deklarierte Wert des Wärmeleitkoeffizienten ist im ES Konformitätszertifikat, der ES Konformitätserklärung, auf dem CE-Label, das am Material angebracht ist oder auf der Verpackung des Materials und in der Regel in den technischen Datenblättern des Herstellers oder Händlers angegeben.

Kennwert λ_k

Der Kennwert ist der Wert des Wärmeleitkoeffizienten, welcher vom charakteristische Feuchtigkeitsgehalt (Lufttemperatur 23°C, relative Feuchte 80%) abgeleitet wird. Er ist der Standardwert für die Bestimmung des Bemessungswertes.

Bemessungswert λ_U

Dies ist der Wert des thermischen Leitfähigkeitskoeffizienten des Baumaterials oder Produkts, der als typisch für das Verhalten des Materials oder Produkts in der Gebäudestruktur angesehen werden kann. Für Außenkonstruktionen ist es notwendig, immer Bemessungswerte (ca. 10% höher) zu verwenden.

Der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient hängt von einer Reihe von Einflüssen ab:

- Spezifische und Schüttdichte, Porosität (Erhöhung der Schüttdichte erhöht die Wärmeleitfähigkeit)
- Feuchtigkeit (eine Erhöhung der Feuchtigkeit erhöht die Wärmeleitfähigkeit)
- Richtung des Wärmeflusses von nicht-isotropen Stoffen (bei anisotropen Stoffen hängt die gesamte Wärmeleitfähigkeit von der Richtung des Wärmeflusses ab, in verschiedene Richtungen ist sie unterschiedlich)
- Chemische Zusammensetzung (Komplexität der Struktur, weniger komplex - höher λ , Metalle);
- Temperatur (steigende Temperatur der Substanz erhöht die Wärmeleitfähigkeit - Erhöhung der kinetischen Energie von Molekülen in der Grundsubstanz).

Diffusionswiderstandsfaktor μ

Der Diffusionswiderstandsfaktor ist eine dimensionslose Größe, die angibt, wie oft das jeweilige Wasserdampfmaterial weniger durchlässig ist als Luft.

4. WÄRMEABFUHR

Grundlegende Methoden der Wärmeabfuhr

Wärme ist Energie, die in jeder beliebigen Umgebung abgeführt wird, wo es Orte mit unterschiedlichen Temperaturen gibt. Durch den Versuch, den Temperaturzustand des Körpers oder des Raumes auszugleichen, wird die Wärme von Orten mit höherer Temperatur zu Orten mit niedrigerer Temperatur abgeleitet.

3 Grundlegende Arten der Wärmeabfuhr:

- Leitung
- Konvektion
- Strahlung

Wärmeabfuhr durch Leitung

Die Wärmeabfuhr durch Leitung erfolgt hauptsächlich bei Feststoffen. Aus Sicht der Gebäudetechnik ist dies die gebräuchlichste Art der Wärmeabfuhr, sie wird auf alle Gebäudestrukturen angewendet. Die Wärmeleitung ist im Wesentlichen ein allmähliches Nachgeben der kinetischen Energie an die Körpermoleküle bei deren Kontakt.

Die Wärmeleitung wird durch die Gesetze Fourier´s (erste und zweite) beschrieben.

- Das erste Gesetz Fourier´s definiert die Wärmestromabhängigkeit vom Temperaturgradienten. Dieses Gesetz basiert auf der Annahme eines stabilen Temperaturfeldes. Diese eine Bedingung ist gültig, wenn sich die Temperaturverteilung im Körper mit der Zeit nicht ändert. Eine weitere Annahme ist die Homogenität und die Isotropität des Körpers. Die Wärmeflussrichtung ist ein widersprüchlicher Temperaturgradient, da die Wärme von Orten mit höherer Temperatur zu Orten mit niedrigerer Temperatur abgeleitet wird.
- Das zweite Gesetz Furier´s beschreibt den Zusammenhang zwischen zeitlicher und lokaler Temperaturänderung (ein konstantes Temperaturfeld im dreidimensionalen Raum).

Wärmeabfuhr durch Konvektion

In flüssigen und gasförmigen Stoffen. Stoffpartikel bewegen sich und übertragen Wärme.

Wir unterscheiden die natürliche Konvektion, die sich aus der Verdrängung von Partikeln unterschiedlichen Gewichts beim Erwärmen der Substanz ergibt, und die erzwungene

Konvektion, bei der die Konvektion durch äußere Einflüsse verursacht wird - in der technischen Praxis meist durch eine Pumpe oder einen Ventilator.

Newton´s Gesetz - beschreibt die Dichte des Wärmestroms durch die Konvektion.

Wärmeabfuhr durch Strahlung

Es ist im Grunde genommen die elektromagnetische Strahlungsübertragung, insbesondere die Infrarot-Strahlungsübertragung. Diese Strahlung wird von jedem Körper mit einer Temperatur über 0 K abgegeben. Ein solcher Körper emittiert die Strahlung nicht nur, sondern absorbiert, reflektiert und dissipiert sie teilweise.

5. WÄRMEWIDERSTAND, WÄRME-DURCHGANGSKOEFFIZIENT

Wärmewiderstand, Wärmedurchgangskoeffizient sind die Grundgrößen, die die Wärmedämmeigenschaften von Bauwerken charakterisieren.

Wärmewiderstand der Struktur R

$$R = d / \lambda \quad [(m^2 \cdot K) / W]$$

Beständigkeit gegen Wärmeübertragung R_{si} , R_{se}

- Wärmeaustausch auf der Strukturoberfläche zwischen der Struktur und der Umgebung.
- Auf der Grundlage der Luftströmung auf der Strukturoberfläche und der Strahlung zwischen der Strukturoberfläche und den umgebenden Körpern.

Wärmewiderstand der Struktur während der Wärmeübertragung R_T

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} \quad [(m^2 \cdot K) / W]$$

Hitzeübertragungskoeffizient U

Umkehrung des Wertes des thermischen Widerstandes

$$U = 1 / R_T \quad [W / (m^2 \cdot K)]$$

Die Anforderungen an den Wärmeübertragungskoeffizienten sind in CTS 730540-2 festgelegt.

- Für jede Gebäudestruktur muss die Bedingung $U \leq U_N$ erfüllt sein.
- U ist der Wärmeübertragungskoeffizient der Struktur
- U_N ist ein Wert des vom Standard geforderten Wärmeübertragungskoeffizienten.

Sollwert und Richtwert

Sollwert = der maximal zulässige Wert, der alle Grundanforderungen an die Mikroklimatequalität im Innenbereich gewährleistet, aber im Hinblick auf den Wärmebedarf für die Gebäudeheizung ein reiner Richtwert ist, ohne die Möglichkeit, signifikante Einsparungen zu erzielen.

Richtwert = gibt die Voraussetzungen für eine sehr rationelle Nutzung der Wärmeenergie an. Durch die Verwendung dieses Wertes können wir die Qualität der Außenumgebung direkt beeinflussen, indem wir den Bedarf an Energiequellen reduzieren. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint die Gestaltung der Struktur im Bereich der empfohlenen Wärmedurchgangskoeffizientenwerte optional.

6.LINEARER WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT

Der lineare Wärmedurchgangskoeffizient charakterisiert die thermo-technischen Eigenschaften zweidimensionaler Wärmebrücken und -verbindungen.

Es drückt die Menge einer Wärme in W aus, die bei der Temperaturdifferenz der Einheit durch die Länge der Wärmebrücke fließt.

Für Gebäudestrukturen beeinflusst es die Qualität des Mikroklimas in Innenräumen von Gebäuden und hat damit auch Auswirkungen auf den Nutzerkomfort einer Gebäudeanlage.

Die Anforderungen sind in CTS 730540-2 festgelegt.

$$\psi_k \leq \psi_{k,N} \quad [W/(m \cdot K)]$$

ψ_k ist der lineare Wärmeübertragungskoeffizient der Wärmebrücke zwischen den Strukturen.

$\psi_{k,N}$ ist der von der Norm geforderte Wert.

An einem Ort, an dem zwei Strukturen zusammenkommen (z.B. Wand und Dach, Wand und Balkonplatte, etc.), entsteht die zweidimensionale (2D) Wärmeleitung durch Verformung der Temperaturfelder.

An einem Ort, an dem drei flache Strukturen zusammenkommen (z.B. zwei Wände und das Dach in der Ecke des Raumes), entsteht die dreidimensionale (3D) Wärmeleitung.

Die Verformung des Wärmefeldes bedeutet immer eine Veränderung der Wärmedurchlässigkeit (daher werden diese Stellen als Wärmebrücken bezeichnet).

Konstruktion Wärmebrücke

Sie tritt dort auf, wo Materialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit durch oder in die Wärmedämmung, Unterbrechung oder dünnste Dämmung eintreten (Balkonwinkel, Wandabsätze, Fundamente, Befestigungssystem im Wärmedämmsystem, Holzsäule in Leichtbauweise,....).

Geometrisches TB - thermische Bindungen

Sie treten immer dort auf, wo die Isolationsebene die Richtung ändert oder ihre Dicke ändert (Ecken der Außenwände, Sockel, Rinnen, Kamm, Schildfläche, Fensterverkleidung,....).

Direkte Auswirkungen von TB:

- Änderung des Wärmestroms mit allgemein höheren Wärmeverlusten.
- Reduzierte Oberflächentemperatur im Wärmebrückenbereich im Vergleich zu anderen ebenen Außenflächen.

Die Auswirkungen von TB treten auf:

- Höhere Heizlast, höherer Wärmebedarf für die Heizung, höherer spezifischer Energieverbrauch.
- Reduzieren des Komfort durch niedrige Innenoberflächentemperaturen.
- Gefahr von Kondensation und Schimmelbildung an den Innenflächen.
- Erhöhte Staubablagerung mit höherer Luftfeuchtigkeit und Strukturfeuchte in der Nähe des TB-Bereichs.

7. INNEN OBERFLÄCHENTEMPERATUR

Die innere Oberflächentemperatur der Gebäudestrukturen beeinflusst die Qualität des Mikroklimas in den Gebäuden und damit auch den Nutzungskomfort der Gebäude.

Sie wird verwendet, um das Risiko der Kondensation von Wasserdampf und das Auftreten von Schimmelpilzen auf der Innenfläche der Gebäudestruktur zu beurteilen.

Seit 2007 wird der Raumtemperaturfaktor zur Beurteilung der Anforderungen an die Raumboberflächentemperatur verwendet. Es handelt sich um eine proportionale Größe, die im Gegensatz zur inneren Oberflächentemperatur die Eigenschaft der Struktur darstellt und nicht von den Betriebstemperaturen abhängt.

Bei nicht transparenten Strukturen ist es das Kriterium, die Schimmelbildung auszuschließen, bei Fenstern das Kriterium, die Wasserdampfoberflächenkondensation auszuschließen.

- Ausschluss von Schimmelbildung = relative Luftfeuchtigkeit bis zu 80 %.
- Ausschluss von Oberflächenkondensation = relative Luftfeuchtigkeit 100 %.

Die Anforderungen sind in CTS 730540-2 festgelegt.

Bauwerke mit öffentlichen Bereichen mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von bis zu 60 % müssen an allen Stellen ihrer Innenflächen die folgenden Bedingungen erfüllen:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$
$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$$

f_{Rsi} der niedrigste Temperaturfaktor der inneren Strukturoberfläche
 $f_{Rsi,cr}$ der kritische Temperaturfaktor der Innenfläche, bestimmt durch Berechnung oder Tabellen

8. DIFFUSION UND KONDENSATION VON WASSERDAMPF

Wasserdampfdurchlässigkeit und Feuchtigkeitstransport durch Bauwerke

Das Auftreten von Feuchtigkeitsfällen führt zu Defekten, beeinflusst die Lebensdauer der Konstruktion und die hygienischen Bedingungen. Alle Bauwerke enthalten Feuchtigkeit.

Feuchtigkeitsquellen in Gebäudestrukturen:

- Technologisch: wenn die Konstruktion im Nassverfahren durchgeführt wird;
- Erde: von der Erde, die die Teile der Strukturen umgibt, die mit ihr in Kontakt stehen;
- Niederschlag: Regen, Schnee, Frost;
- Sorption: Materialien nehmen die Feuchtigkeit aus der Luft aufgrund hygroskopischer Eigenschaften auf, abhängig von Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit;
- Kondenswasser: Niederschläge an der Oberfläche oder im Inneren der Struktur durch den in der Luft enthaltenen Wasserdampf und den Wasserdampf, der durch die Strukturen der Hüllenkonstruktionen fließt;
- Betrieb: Nassprozesse (Waschen, Kochen, Bäder, Waschräume,...). Schutz vor Feuchtigkeit durch gut gemachte wasserdichte Wandbeläge und wasserdichte Bodenisolierungen schützen.

Luftfeuchtigkeit

Die Luft, die uns umgibt, ist eine Mischung aus trockener Luft und Wasserdampf.

- Der Partialdruck besteht aus Trockenpartialluftdrücken und Wasserdampfpartialdrücken [Pa], gemäß dem Gesetz Dalton´s
- Die absolute Luftfeuchtigkeit drückt die Menge an Wasserdampf in der Luft aus [g/m³].
- Die relative Luftfeuchtigkeit drückt den Grad der Luftsättigung durch den Wasserdampf aus [%].
- Die Taupunkttemperatur ist die Temperatur, bei der die Luft ohne Kondensation durch Wasserdampfkühlung gesättigt wird.

Verfahren zur Feuchtigkeitsübertragung in Bauwerken

- Feuchtigkeitsorption (Wasserdampfsorption, Absorption, Chemisorption)
- Wasserdampfdiffusion
- Leitfähigkeit der Feuchtigkeit

Diffusion und Kondensation von Wasserdampf

Angenommen, die Struktur trennt zwei Umgebungen mit unterschiedlichen Wasserdampfpartialdrücken.

Durch diesen Gradienten des Wasserdampfpartialdrucks entsteht in Makrokapillaren von Baustoffen, deren Dimension größer ist als der mittlere freie Wassermolekülweg ($2,78 \cdot 10^{-10} = 27,8 \text{ nm}$), eine Feuchtigkeitsbewegung nach den Diffusionsgesetzen - von den Stellen mit höherem Wasserdampfpartialdruck zu den Stellen mit niedrigerem Druck.

Grundmengen

- Wasserdampfdiffusionskoeffizient δp (manchmal auch Diffusionsleitfähigkeitskoeffizient genannt)

Der Wasserdampfdiffusionskoeffizient charakterisiert die Diffusionskapazität des Materials. Aus der vorherigen Beziehung, folgt, dass dieser Koeffizient eine Konstante der Proportionalität zwischen der Diffusionsflussdichte und dem Gradienten des Wasserdampfpartialdrucks ist.

- Diffusionswiderstandsfaktor μ (currently more used)

Der Diffusionswiderstandsfaktor ist eine dimensionslose Größe, die angibt, wie oft das betreffende Material weniger wasserdampfdurchlässig ist als die Luft.

- Äquivalente Diffusionsdicke der Schicht s_d

Es gibt an, wie dick die Luftschicht sein sollte, um den gleichen Diffusionswiderstand wie die Schicht des untersuchten Materials zu haben.

Erkennung von Wasserdampfkondensation im Inneren der Struktur

Die Methodik zum Nachweis von Wasserdampfkondensation innerhalb der Struktur basiert auf einem Vergleich der Werte der Wasserdampfpartialdrücke - des tatsächlichen Wasserdampfpartialdrucks und des gesättigten Wasserdampfpartialdrucks in der Struktur.

Die Erkennung von Wasserdampfkondensation innerhalb der Struktur erfolgt für die Randbedingungen, die der größten Differenz der Wasserdampfpartialdrücke in Innen- und Außenumgebung entsprechen, welche gleichzeitig der größten Temperaturdifferenz entspricht, so dass die Berechnung für Winterbedingungen durchgeführt wird.

Wasserdampfkondensation tritt auf, wenn der tatsächliche Wasserdampfpartialdruck in einem beliebigen Querschnitt der Struktur mindestens den gesättigten Druckwert erreicht.

Jahresbilanz der Kondensation und Verdunstung von Wasserdampf

Aktiv (positiv) - alle Feuchtigkeit, die während des Jahreszyklus kondensiert, verdunstet im gleichen Zyklus.

Passiv (negativ) - Feuchtigkeit kann während des Jahreszyklus nicht vollständig verdunsten und es kommt zu einer langfristigen Akkumulation im Inneren der Struktur.

Standard-/ Normanforderungen

Die Norm CTS 73 0540 empfiehlt, Gebäudestrukturen so zu gestalten, dass die Kondensation von Wasserdampf vermieden wird.

Wenn Kondensation auftritt:

- Darf die Wasserdampfkondensation die Funktion der Struktur nicht beeinträchtigen.
- Muss der jährliche Ausgleich von Kondensation und Verdunstung aktiv sein.
- Darf die jährliche kondensierte Wasserdampfmenge eine normative Grenze nicht überschreiten:
 - Für Sandwichstrukturen 0,1 kg/m², aber gleichzeitig nicht mehr als 3-% Gewicht für Strukturen mit einem Schüttgewicht von mehr als 100 kg/m³ oder max. 6 -% Gewicht für Bauwerke mit einem Schüttgewicht bis zu 100 kg/m³.
 - Für einschichtige Konstruktionen 0,5 kg/m², aber gleichzeitig nicht mehr als 5-% Gewicht für Konstruktionen mit einem Schüttgewicht über 100 kg/m³ oder max. 10-% Gewicht für Bauwerke mit einem Schüttgewicht bis zu 100 kg/m³.
 - Gleichzeitig darf die Feuchtigkeit 18 % nicht überschreiten, wenn sich ein Holz oder ein Holzwerkstoff in der Struktur befindet.

Grundsätze für die Planung von Gebäudestrukturen in Bezug auf die Diffusion und Kondensation von Wasserdampf

- Die richtige Sortierung der einzelnen Schichten in Bezug auf den Diffusionswiderstand (optimal zum Fallen von Innen- und Außenfläche).
- Falls es notwendig ist, eine Struktur mit einer hoch diffusionsbeständigen Wangenschicht (Glas, Blech, etc.) zu entwerfen:
 - Platzierung der belüfteten Luftschicht vor der äußeren Dampfsperre und Behandlung der doppelwandigen Strukturen

- Konstruktion einer inneren Oberflächenstrukturschicht mit dem gleichen oder höheren Diffusionswiderstand wie die Außenfläche (um sicherzustellen, dass die in die Zusammensetzung eingearbeiteten Materialien zum Zeitpunkt der Installation einen minimalen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen und dampfdicht sind).

9. SENKUNG DER BERÜHRUNGSTEMPERATUR DES BODENBELAGS DER STRUKTUR

Beurteilung des Bodens in Bezug auf die Wärmeabfuhr, d.h. in Bezug auf die Kontaktkühlwirkung auf den menschlichen Organismus.

Die Wärmeempfindlichkeit des Bodens wird bestimmt:

- im Winter, unter der Annahme einer konstanten Temperaturbedingung;
- Anfangstemperatur der Bodenoberfläche $\theta_k = 33 \text{ °C}$;
- Kontaktzeit des Fußes mit der Bodenstruktur $t = 600 \text{ Sek.}$

2 Grundstufen:

- Initial: nach einer kurzen Anfangsverzögerung sinkt die Kontakttemperatur des Fußes
- Reaktion: Das Wärmeregulierungssystem des menschlichen Körpers beginnt zu wirken, die Wärme kommt vom Körper auf die Kontaktfläche.

Abhängig von der Wärmeabfuhrkapazität des Bodens:

- Verringern (Verlangsamen) der Kontakttemperaturen (kalter Boden);
- Erhöhung der Kontakttemperatur (warmer Boden).

Berechnung der Abnahme der Berührungstemperatur

- Berechnungsverfahren nach CTS 730540-4.
- Der Wert der Berührungstemperaturabnahme der Bodenstruktur $\Delta\theta_{10}$ wird auf der Grundlage der inneren Oberflächentemperatur θ_{si} und der Wärmeempfindlichkeit der Bodenstruktur B bestimmt, die der Wärmeempfindlichkeit der Oberseite der Bodenlaufschicht entspricht.
- Die Wärmeempfindlichkeit der Oberseite wird durch die schrittweise Berechnung der Wärmeempfindlichkeit der Oberseite der einzelnen Schichten der Bodenstruktur, von der untersten Schicht bis zur obersten verlegten Bodenschicht, bestimmt.

Die unterste Schicht des Bodenbelags gilt als:

- Schicht über der wasserdichten Isolierung (Boden auf der Erde);
- Tragschicht der Deckenkonstruktion

Die Anforderungen sind in CTS 730540-2 festgelegt.

Die Abnahme der Berührungstemperatur kann möglicherweise nicht beurteilt werden für Böden:

- mit einer langlebigen, ganzflächigen Gehschicht aus Textilbodenbelägen;
- mit einer Oberflächentemperatur, die dauerhaft höher als 26 ° C ist.

Bei Fußböden mit Fußbodenheizung wird die Temperaturabnahme bei Berührung des Bodens für die ohne Einfluss der Erwärmung ermittelte Bodenoberflächentemperatur bei der Auslegungstemperatur der angrenzenden Umgebung entsprechend der Auslegungslufttemperatur zu Beginn oder am Ende der Heizperiode bestimmt und bewertet ($\theta_e = 13 \text{ ° C}$).

10. WÄRMEBESTSÄNDIGKEIT IM SOMMER

Die Wärmebeständigkeit des Raumes während der Sommerzeit untersucht das Verhalten (Erhöhung der Raumlufttemperatur) des sonnigen Innenraumes im Sommer.

Ein immer aktuelleres Problem (Überhitzungsgefahr auf Glasflächen).

Die rechnerische Bewertung wird für einen kritischen Raum durchgeführt:

- ein Raum mit der höchsten Wärmelast
- einen Raum mit den größten direkt sonnenbelegten verglasten Flächen, die auf die W, SW, S, SO, O in Bezug auf die Grundfläche des angrenzenden Raumes ausgerichtet sind.

CTS 730540-2 verwendet die höchste tägliche Raumtemperatur für die Bewertung.

Gestaltungsprinzipien

- Transluzente Strukturen: Oberfläche, Orientierung, Abschirmung
 - Widersprüchliche Anforderungen, Minimierung der Wärmegewinne im Sommer und Nutzung der meisten Sonnenenergie im Winter.
 - In der Regel werden im Winter solare Gewinne und im Sommer eine angemessene Abschirmung (Jalousien, Markisen, Leisten, Dachüberstände) bevorzugt.
 - Gestaltung von Abschirmelementen hinsichtlich Ausrichtung zur Weltrichtung, Tageslichtqualität und Nutzung von Solargewinnen im Winter.
- Wärmeflussreduzierung bei opaken Hüllenstrukturen mit geeigneter Farbe und Struktur der Außenfläche (helle Farbe).
- Doppelwandige belüftete Struktur (Außenmantel = Wärmeschutz, reduziert die Energiepermeation in den Innenraum).
- Entwurf von Kuvertstrukturen mit erhöhter Akkumulationsfähigkeit (Schichten hoher Dichte auf der Strukturinnenfläche).
- Lagerelemente im Gebäudeinneren (Deckenkonstruktion, innere Trennwandstruktur als Massivbau mit erhöhter Lagerkapazität).

II. WÄRMEBESTÄNDIGKEIT IM WINTER

Die Wärmebeständigkeit des Raumes in der Winterperiode untersucht das Verhalten in der Winterperiode, wenn die Raumheizung unterbrochen wird (Heizpause, Crash,...).

Konstante Außenlufttemperatur, variable Innenlufttemperatur.

Die Berechnung basiert auf der Energiebilanz des Raumes.

- Wärmeverluste des Raumes durch Permeation und Infiltration.
- Wärmegewinnung aus gekühlten Strukturen oder Gewinne aus anderen internen Wärmequellen (technologische Ausrüstung, gekühlte Heizkörper, ...).

Die rechnerische Bewertung wird für einen kritischen Raum durchgeführt:

- der Raum mit dem höchsten durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten durch die Raumstruktur
- ein Eckzimmer unter dem Dach.

Der Vorteil der Lösung der Temperaturbeständigkeit im Winter besteht darin, den Kühlzeitverlauf des Raumes zu erhalten.

- Optimierung der Dauer der Heizpause (im Falle eines Unfalls, bei Lagerung bestimmter Produkte,...).

CTS 730540-2, Kriterium für die Bewertung

Für die Beurteilung der winterlichen Temperaturbeständigkeit wird verwendet:

- Verringerung der resultierenden Raumtemperatur.

Gestaltungsprinzipien

- Transluzente Strukturen - Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften (Verglasung, Rahmen, Flügel, Verguss in die Struktur).
- Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften von Hüllenstrukturen.
- Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften von innengekühlten Strukturen.
- Erhöhung der Speicherkapazität der inneren Schichten der Hüllenstrukturen (Schichten mit hoher Dichte auf der Innenseite der Struktur).
- Lagerelemente im Inneren des Gebäudes (Deckenkonstruktion, innere Trennwandstruktur als Massivbau mit erhöhter Lagerkapazität).
- Erstellung von Speicherkernen innerhalb des Objekts.

12. BAU-ENERGIE-EIGENSCHAFTEN DES GEBÄUDES

Sie wird in der Winterperiode anhand des durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten bewertet.

U_{em} [W/(m².K)]

Berechnungsverfahren nach CTS 73 0540-4.

Anforderungen an den durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten (CTS 73 0540-2)

- Sie drücken den Einfluss der Konstruktionslösung auf die Energieeinsparung beim Heizen aus.
- Sie berücksichtigen keine unsicheren Faktoren (Nutzerverhalten, klimatische Bedingungen beeinflussen den Einfluss von
- Sie müssen die Bedingung erfüllen $U_{em} \leq U_{em,N}$

Referenzgebäude - ein virtuelles Gebäude mit den gleichen Abmessungen und dem gleichen Raumkonzept wie das betrachtete Gebäude. Gleicher Zweck und Ort. Alle Hüllflächen haben den geforderten Wert.

Energielabel

- Das Energielabel ist eine einfache Beurteilung des Gebäudes nach CTS 73 0540-2, ob es den vorgeschriebenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfüllt, d.h. ob das Haus in Bezug auf die Wärmedämmung den aktuellen Anforderungen entspricht.
- Jedem Label muss ein geeignetes Protokoll mit identifizierenden und berechneten Werten beigelegt werden.
- Inhalt und Form der Energielabel der Gebäudehülle sind im Anhang zu CTS 73 0540-2: 2011 aufgeführt.

Intensität der Gebäudeenergie gemäß der Verordnung Nr. 148/2007 Slg.

Gesamtenergie wird geliefert an:

- Heizung
- Kühlung
- Warmwasserbereitung

- Mechanische Belüftung
- Einstellen der relativen Luftfeuchtigkeit der Raumluft
- Beleuchtung

Energiebedarf x Energieverbrauch

- Energieverbrauch: der geschätzte Gesamtenergiebedarf, der zu diesem Zweck bereitgestellt wird, einschließlich der Auswirkungen der Effizienz aller Verteilungssysteme und -quellen.
- Energiebedarf: der grundlegende Energiebedarf ohne Auswirkungen auf die Systemeffizienz.

Energieausweis des Gebäudes

Der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes enthält Informationen über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes. Er wird berechnet nach der in der Durchführungsverordnung vorgeschriebenen Methode. Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes wird durch die Berechnung der gesamten gelieferten Jahresenergie in GJ bestimmt.

- Der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes enthält ein Protokoll zum Nachweis der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes und eine grafische Darstellung der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes.
- Die Klassifizierung der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes wird in Klassen von A bis G eingeteilt, wobei auch deren Grenzen festgelegt werden.

Grundsätze für die energetische Gebäudeplanung:

- Standort des Gebäudes
- Geometrische Objektlösung
- Layout-Lösung

Die Lage des Gebäudes beeinflusst:

- Außenlufttemperatur (Geländekonfiguration, Dichte und Art der Umgebung).
 - Nicht geeignet für den Bau von Gebäuden in geschlossenen Tälern, an Nordhängen.
- Windgeschwindigkeit (beeinflusst Wärmeverlust durch Infiltration).
 - Nicht geeignet für Gipfel, Hügel, offene Landschaft mit starken Winden.

Geometrische Lösung des Gebäudes:

- Beeinflusst den Wärmeverlust durch Wärmeübertragung, der mit zunehmender Oberfläche der Hüllenstrukturen zunimmt
- Optimierung der Gebäudeform (möglichst kleiner Gebädefaktor)

Layoutlösung des Gebäudes:

- Ausrichtung auf die Weltrichtungen (transluzente Bereiche im Süden)

13. LITERATURE

KULHÁNEK, F. *Stavební fyzika: stavební tepelná technika*, 4. přeprac. vyd. Praha: ČVUT, 2009.
ISBN 978-80-01-04239-7

VAVERKA, J. *Stavební tepelná technika a energetika budov*, 1. vydání. Brno: VUTIUM, 2006.
ISBN 80-214-2910-0