

Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH

Schaltbare Wärmedämmung | 4. Informations- und Vernetzungsveranstaltung der
SAENA GmbH / Energieforschung und Energieinnovation

Dipl.-Ing. D. Stubbe



- Thema und Zielsetzung des Projektes
- Stand von Wissenschaft und Technik
- Innovation des Projektes
- Weitere Anwendungen | Potenzielle Partner



- Thema und Zielsetzung des Projektes
- Stand von Wissenschaft und Technik
- Innovation des Projektes
- Weitere Anwendungen | Potenzielle Partner



Thema und Zielsetzung des Projektes

Entwicklung, Herstellung und Betrieb adaptiver Gebäudehüllen für Beton- | Leichtbaustrukturen

Weniger Material, mehr Funktionalität, intelligente Steuerung

Grundfunktionalitäten der Gebäudehülle sichern ...

- Wärmedämmung
- Wärmespeicherung
- Feuchteschutz
- Wetterschutz

Nutzung thermischer und energetischer Möglichkeiten

- ideale Außenwandtemperatur innen über das gesamte Jahr zwischen 20 °C und 24 °C
- im Sommer Kühlpotentiale und im Winter Wärmepotentiale nutzbar machen
- passive (natürliche Konvektion) und/oder aktive Nutzung (erzwungene Konvektion)
- bedarfsgerechte Nutzung von gegebenen Temperaturpotentialen für eine Oberflächentemperierung
- wichtige Quellen sind die Sonne (Solarthermie) und die Nachtkühle
- die Wärmedämmung wird ein energetisch aktives Bauelement
- aktive Oberflächen hinsichtlich der Reflexion und Absorption von Wärmestrahlung (Spiel mit den Farben)



Thema und Zielsetzung des Projektes

Entwicklung, Herstellung und Betrieb adaptiver Gebäudehüllen für Beton- | Leichtbaustrukturen

- Rationelle Energieanwendung / Nutzung alternativer bzw. regenerativer Energien
- Oberflächengestaltung im Kontext mit Strahlungseffekten
- Energiemanagement in Abhängigkeit der Außen- und / oder Raumluftbedingung
- Behaglichkeit in Aufenthaltsbereichen
- Nachhaltigkeit
- Technische Realisierbarkeit / Herstelltechnologie
- Investitionskosten / Marktverfügbarkeit von Komponenten
- Handling bzw. Praktikabilität / Wartungsfreundlichkeit

Es handelt sich um ein aktives Bauteil, welches in Abhängigkeit gegebener Luftzustände seine wärmetechnischen Eigenschaften ändert. Über die Steuerung der Bauteildurchströmung lassen sich verschiedene Schaltzustände realisieren. Diese Struktur wird ggf. in die Verbundstruktur der Betonschale integriert bzw. vorgelagert installiert. Über ein flüssiges Transportmedium kann dann je nach Wärmebedarf innen und der Verfügbarkeit außen ein Transport in die entsprechende Richtung erfolgen. An einem im Labormaßstab getesteten Prototyp konnte bereits ein Schaltverhältnis des Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen dem Wärmedämmbetrieb und dem Wärmeleitbetrieb von 1:40 nachgewiesen werden.



- Thema und Zielsetzung des Projektes
- **Stand von Wissenschaft und Technik**
- Innovation des Projektes
- Weitere Anwendungen | Potenzielle Partner



Stand von Wissenschaft und Technik

- **Material- und energieeffiziente Gebäudehüllen für dünnchalige Betontragwerke**

Spezielle Lösungen für Gebäudehüllen von Betontragwerken orientieren sich am konventionellen Stahlbetonfertigteilbau.

- **Funktionsintegration und Funktionsaddition für Gebäudehüllen von Betontragwerken**

Der Stand von Wissenschaft und Technik belegt, dass dies ein praktikabler Weg ist.

- **Adaptive Gebäudehüllen**

Die Adaptionfähigkeit der Gebäudehüllen kann durch Anwendung bionischer Vorbilder oder durch sensorgestützte Betriebsweisen der Funktionskomponenten erzielt werden. Dazu gehören u.a. eine [gebäudehülleninterne Energiespeicherung](#) sowie [schaltbare Wärmedämmungen](#).



Stand von Wissenschaft und Technik

- **Steuerung von Gebäudehüllen im Kontext von Gebäude- und Energiemanagement**

Beispielhafte Untersuchungen und Lösungsfindungen für die Steuerung von Gebäudehüllen im Kontext von Gebäude- und Energiemanagement existieren.

- **Funktionalisierungen für Lebensqualität / Nutzerkomfort / Gesundheit**

Berichte über Schimmelbildungen oder über nicht behaglich empfundene raumklimatische Zustände treten trotz beachtlicher Fortschritte auf dem Gebiet energieeffizienten Bauens und Betriebens von Gebäuden noch immer relativ oft auf. Sie belegen, dass die Zusammenhänge zwischen Nutzeransprüchen und Bauwerk im Spannungsfeld bau- und raumklimatischer Randbedingungen eine außerordentlich hohe Komplexität aufweisen. Es zeigt sich, dass diese Komplexität bei der Überführung in technische Systeme noch genauer und zielführender umgesetzt werden muss.

Schaltbare Wärmedämmung — Adaptive Gebäudehüllen

Stand Wissenschaft und Technik | Normung



Parameter	Einheit	Stand der Technik / Vorgaben Regelwerke	Innovationen / Zielvorgaben	Bemerkungen
<i>Aussenbauteil</i>				
Aussenwand				
Bauteildicke (gesamt)	mm	Gedämmte Betonwand: 200 - 300	150 - 200	
Dicke Beton- / Leichtbaustruktur	mm	150 - 250	100 - 150	
Materialeinsatz (Aufwand)	kg m ⁻²	?	?	
Gebäudeenergiegesetz GEG (01.11.2020)				
Wärmedurchgangskoeffizient U	W m ⁻² K ⁻¹	AW: 0,28 (> 19 °C), ansonsten 0,35	schaltbar: 0,2 - 2,00 (4,00)	Möglichkeiten zur Beeinflussung der Wärmetransporteigenschaften: 1. Festkörper: a) mechanisches Positionieren einer Wärmebrücke λ_{solid} ; b) veränderlicher Querschnitt (Fläche A); c) mechanischer Kontakt (r_{m}); 2. Fluid: a) Beeinflussung Wärmeleitkoeffizient λ durch Vakuumdruck ($=f(p_{\text{abs}})$) und / oder Vakuum-Wasserstoff Sorption / Desorption ($=f(\text{Stoff})$); Phasenwechsel (Wärmerohrprinzip);
Wärmeleitfähigkeit λ	W m ⁻¹ K ⁻¹	z.B. Dämmung: 0,02 - 0,04	schaltbar: 0,02 - 1,50	
Wärmekapazität c_p	J kg ⁻¹ K ⁻¹	unterschiedlich, je nach Baustoffeinsatz		
Umschaltzeit	s	-	entsprechend Anforderung	
Energiebedarf Funktionalität Bauteil	W m ⁻²	-	entsprechend Anforderung	
DIN V 18599-2: 2018-09, DIN 4108-4: 2017-03 (u.a. mit DIN EN ISO 6946: 2008-04)				
<i>Behaglichkeit / Innenraumklima</i>				
EN 16798-1:2021 (D) (Kat. II) / DIN EN ISO 7730 2006-05				
Oberflächentemperatur	°C	19 - 29	19 - 29	EN 16798-1:2021-04 Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik : Deutsches Institut für Normung, 2019; DIN EN ISO 7730 2006-05: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005 : Deutsches Institut für Normung, 2006
Lufttemperatur (Winter / Sommer)	°C	20 - 25 / 23 - 26	20 - 25 / 23 - 26	
Operative Innentemperatur (Winter / Sommer)	°C	20 / 26	20 / 26	
Vertikale Lufttemperaturdifferenz (Kopf - Fußgelenk)	K	3	3	
Luftfeuchte	% r.F.	25 - 60	25 - 60	
Max. Luftgeschwindigkeit (Winter / Sommer)	m s ⁻¹	0,16 / 0,19	0,16 / 0,19	
Zugluftrisiko (Prozentualer Anteil Unzufriedener)	%	< 20	< 20	
DIN EN 15643				
<i>Nachhaltigkeit *</i>				
Ökologische Qualität				* ... Die in der Tabelle genannten Unterkategorien sind nochmals untergliedert in DIN EN 15643 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“ "Leitfaden Nachhaltiges Bauen" (2016) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Wirkungen auf globale und lokale Umwelt				
Ressourceninanspruchnahme				
Ökonomische Qualität				
Lebenszykluskosten				
Wirtschaftlichkeit und Wertstabilität				
Soziokulturelle und funktionale Qualität				
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit				
Funktionalität				
Sicherung der Gestaltungsqualität				
Technische Qualität				
Technische Ausführung				
Prozessqualität				
Planung				
Bauausführung				
Standortmerkmale				

Wichtige Normen / Gesetze:

- **DIN V 18599-2: 2018-09 | DIN 4108-4: 2017-03 | DIN EN 15643**
- **EN 16798-1:2021-04 | DIN EN ISO 7730 2006-05**
- **Gebäudeenergiegesetz GEG (01.11.2020)**



- Thema und Zielsetzung des Projektes
- Stand von Wissenschaft und Technik
- **Innovation des Projektes**
- Weitere Anwendungen | Potenzielle Partner



Innovation des Projektes

Unser Innovationsfeld betrifft speziell die Entwicklung energieoptimierter und klimaneutraler Gebäude im Kontext mit intelligentem Energiemanagement und integrierter Nutzung der am Standort verfügbaren regenerativen Energiequellen.

Bereits verfügbare, aber noch nicht etablierte klimatechnische, leichtbautechnische und steuerungstechnische Komponenten eröffnen Möglichkeiten für Konstruktion, Bau und Betrieb nachhaltig klimaneutraler Gebäudehüllen.

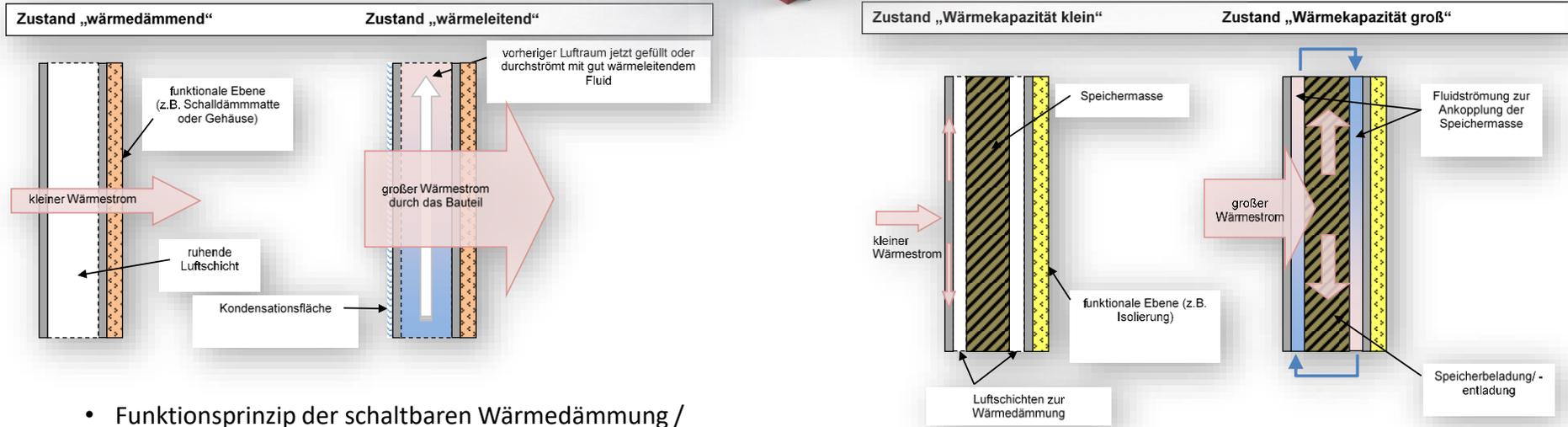
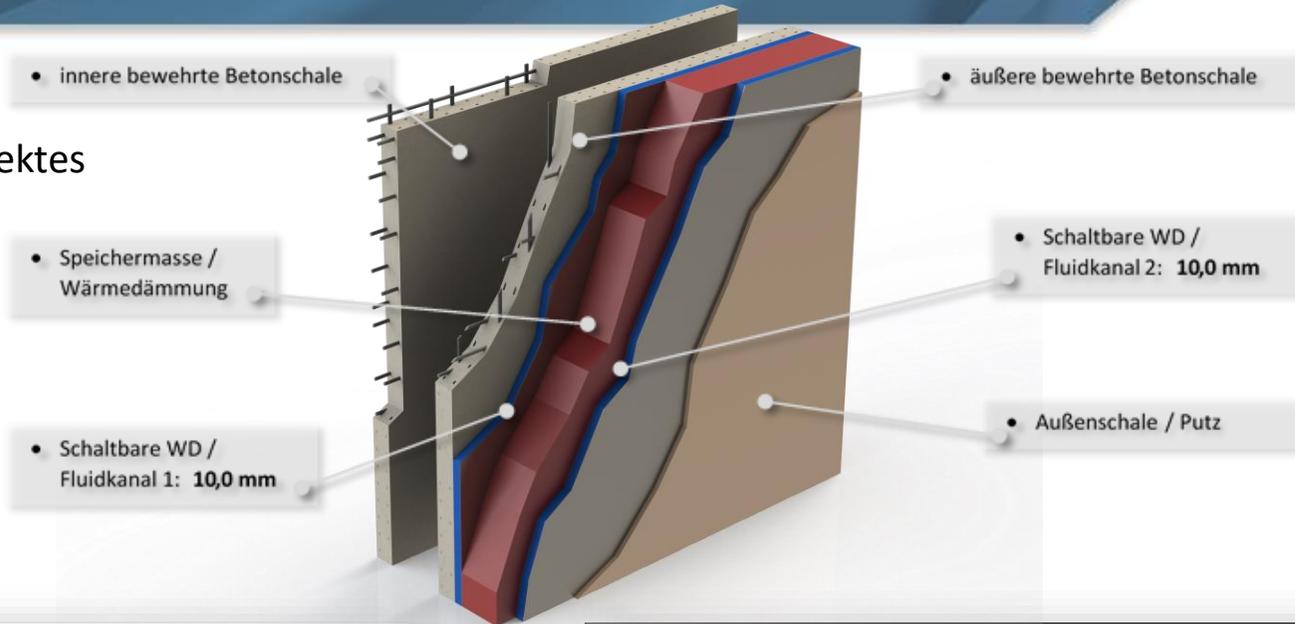
Für die Umsetzung der Innovationen sind folgende Maßnahmen geplant:

- Funktionalisierte Beton- / Leichtbautragschale (ein- oder mehrwandig, dünnwandig)
- Adaptionsfähigkeit der Gebäudehülle (Funktionskomponenten, auch bei Innenbauteilen möglich)
- Steuerung der Gebäudehülle im Kontext von Gebäude- und Energiemanagement
- Intelligentes Raumklima-Management / Klimatechnik-Betriebsoptimierung mittels maschinellen Lernens



Innovation des Projektes

- Außenbauteile ...



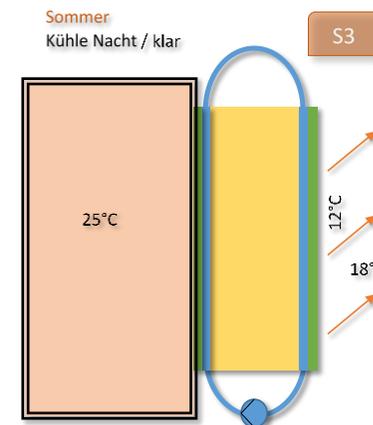
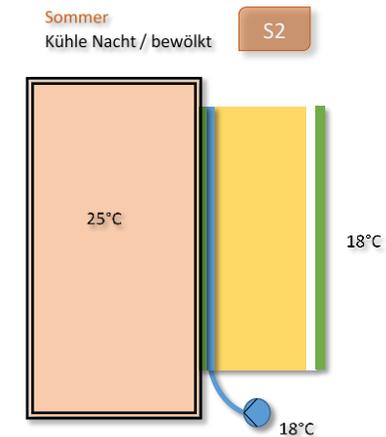
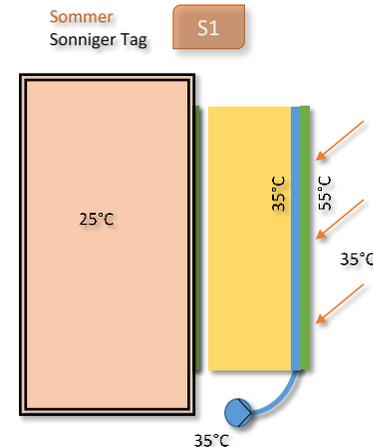
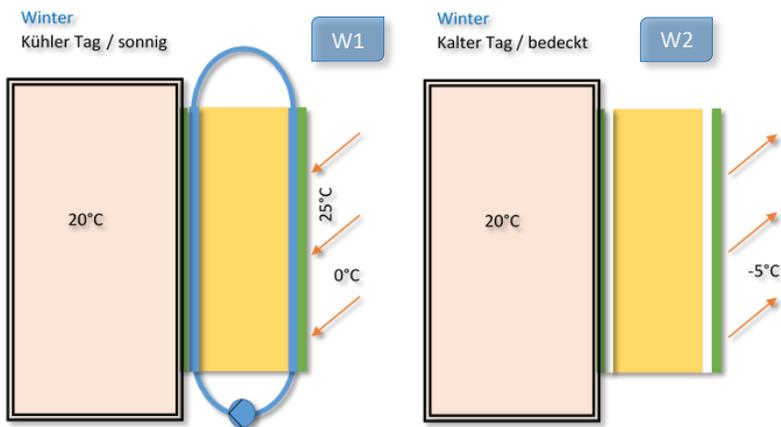
- Funktionsprinzip der schaltbaren Wärmedämmung / Wärmekapazität für Wandelemente



Innovation des Projektes

Folgende Szenarien sind realistisch:

- **Heizung der Innenseite an kalten Tagen bei Sonneneinstrahlung**
- **Kühlung der Innenseite an warmen Tagen bei niedrigen Außentemperaturen (Nachtabkühlung)**
- **Ausbaustufe:** Variabilität der Wärmekapazität durch hydraulische (ggf. örtliche) Einkopplung eines Speichervolumens - z.B. in den Fluidkreislauf - ermöglicht bedarfsweise eine Erhöhung der thermischen Trägheit des Bauteils ohne Beeinflussung der Dämmeigenschaften



- S1** ... Senkung des U-Wertes / Verbesserung sommerlicher Wärmeschutz
- S2** ... Nachtabkühlung innen mit Außenluft
- S3** ... Nachtabkühlung unter Nutzung Strahlungstemperatur außen
- W1** ... Nutzung Sonnenenergie für innen
- W2** ... kleiner U-Wert / „normale“ Dämmfunktion



- Thema und Zielsetzung des Projektes
- Stand von Wissenschaft und Technik
- Innovationen des Projektes
- Weitere Anwendungen | Potenzielle Partner



Qualifikation und Expertise des ILK Dresden

Eine Reihe von Forschungsergebnissen des [Instituts für Luft- und Kältetechnik](#) und dessen praxisrelevante Arbeiten bilden eine fundierte Basis für eine Zusammenarbeit mit externen Partnern. Dazu zählen Untersuchungen

- zu **ganzheitlichem Nutzerkomfort** (thermische, akustische, visuelle Behaglichkeit, Strahlungsaustausch, Luftqualität) im Kontext zum Gebäude (Architektur, Bauform, Materialien, bauphysikalischer Eigenschaften, Mobiliar), zur technischen Ausstattung (Flächentemperierung, Fenster- und Öffnungsflächen, Lüftungs- bzw. Klimatisierungssysteme) sowie zur Umgebung (Ausrichtung, Standort, Witterung Winter / Sommer / Übergangszeit),
- zur **Thermodynamik** im Umfeld **der Gebäudehülle** (Wärmedämmung, Wärmeleitung, Wärmedurchgang, Temperatur- und Feuchteverhalten) unter gezielter Variation thermophysikalischen Eigenschaften, u.a. zwecks Erarbeitung nachhaltiger ressourcenschonender dynamischer Anforderungs- und Lastprofile,
- zu **adaptiver klimaneutraler Raumklimatisierung** unter Berücksichtigung des Baukörpers und der Gebäudehülle sowie vordefinierter Randbedingungen (Luftführung, Flächenaktivierung, Speichertechnologien, Wärme- und Feuchterückgewinnung, Einsatz regenerativer Energiequellen / Einsatz niedrigexergetischer Energieträger wie Abwärme, Anordnung der Gebäudetechnik) und
- zu **Energiekonzepten für den Bilanzraum Gebäude und Gebäudeumfeld** und zur Zusammenführung der dynamischen Anforderungs- und Lastprofile mit dem Leistungsprofil verfügbarer Energiequellen und Temperaturniveaus.



Weitere Anwendungen

„Fassade mit thermochromer und gelochter Oberfläche“

Entwicklungs-idee beschreibt eine aktive Fassadenoberfläche ohne zusätzlichen Energieaufwand.

Es sollen folgende Ziele verfolgt werden:

- Hemmung des Aufheizens der Fassade im Sommer
- Nutzung der solaren Wärme zur Erwärmung der Fassade im Winter
- gezielte Beeinflussung der (örtlichen) Lichtreflexion (Blendwirkung)
- eventuell Beeinflussung der Schalldämmung durch ein zusätzliches absorbierendes Material
- originelle Designgestaltung mittels Oberflächenmuster (-bilder)

Nachfolgende Skizzen veranschaulichen den Lösungsansatz. Im Sommer sorgt eine thermochrome Schicht hinter einem Lochblech (gelochtes Aluminium) für eine helle Oberfläche. Die Wärmestrahlung wird dadurch reflektiert. Die dahinter liegende Isolation erwärmt sich dadurch langsamer.

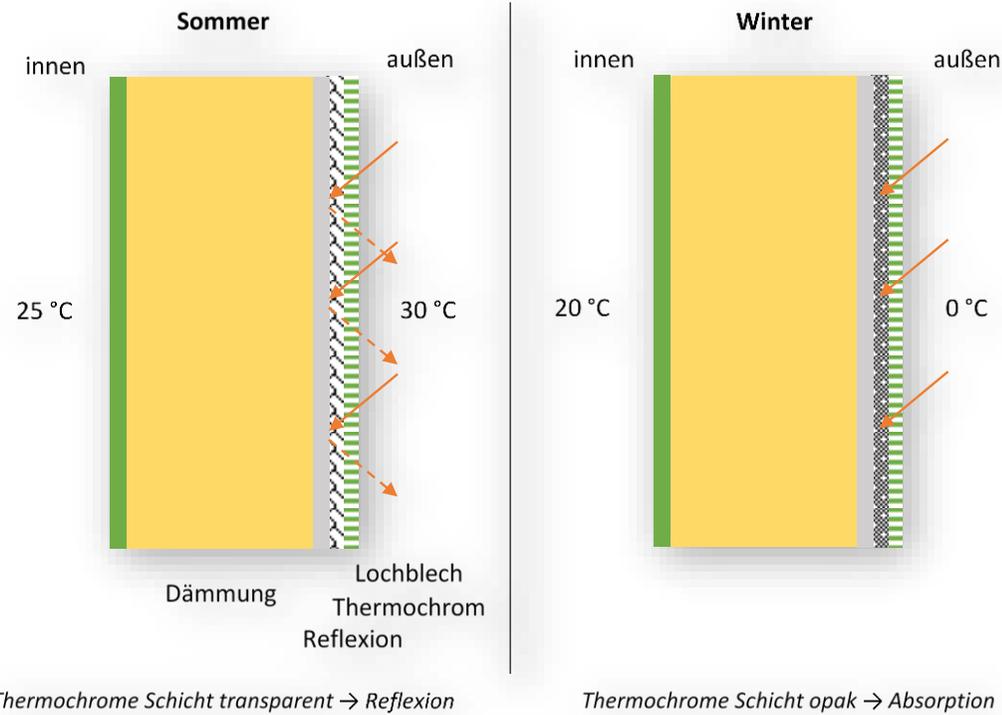
Im Winter soll die solare Wärmestrahlung die Isolation aufwärmen. Die thermochrome Schicht wird dunkel und absorbiert dadurch.

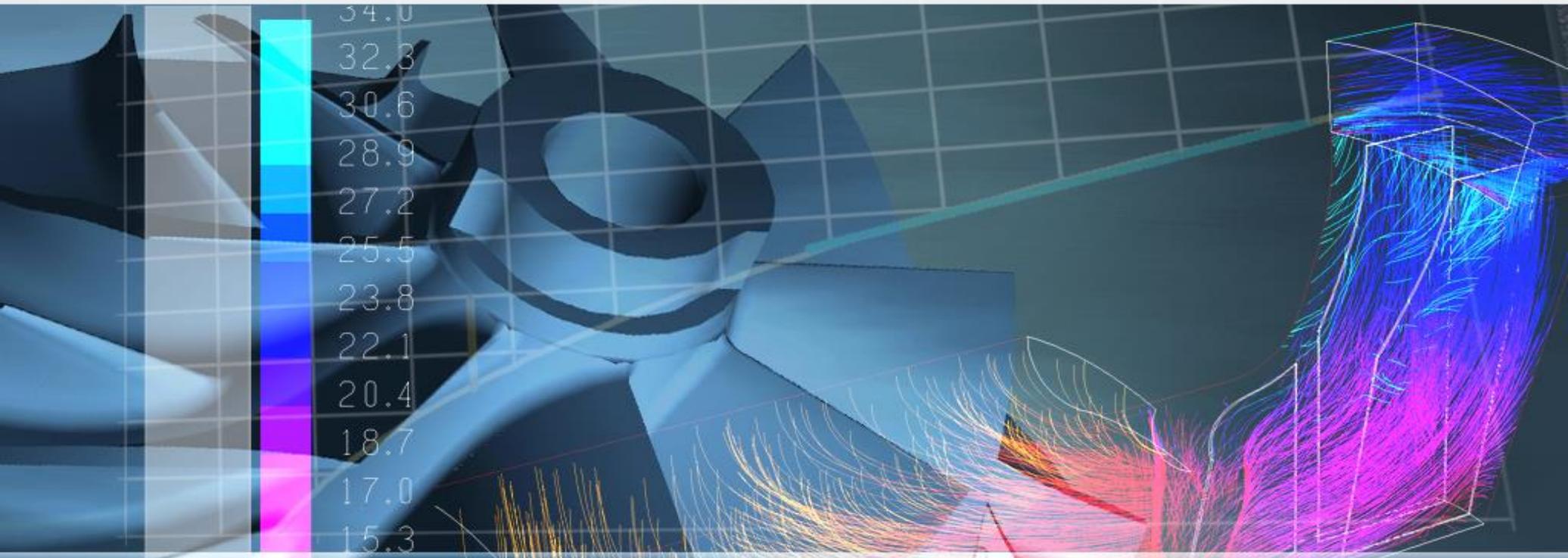
Die Schalttemperatur der thermochromen Schicht sollte bei 20 bis 25 °C liegen.



Weitere Anwendungen

„Fassade mit thermochromer und gelochter Oberfläche“





Institut für Luft- und Kältetechnik

gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20 | D-01309 Dresden

Dipl.-Ing. D. Stubbe

Tel.: +49 (0) 351 / 4081-650
E-Mail: klima@ilkdresden.de
Internet: www.ilkdresden.de

www.ilkdresden.de