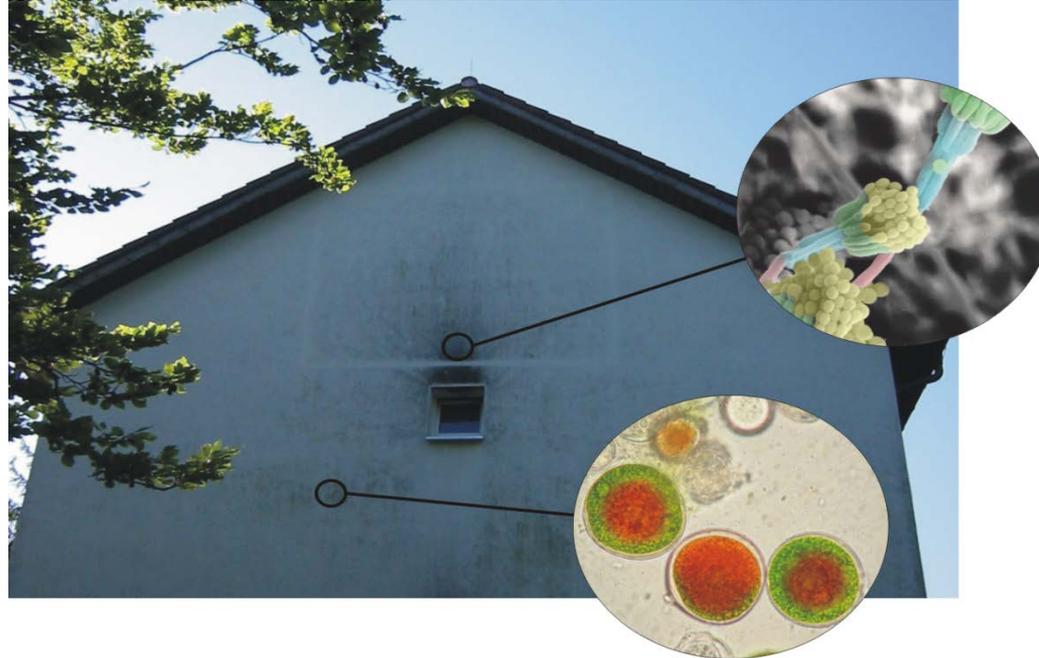
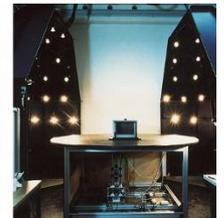
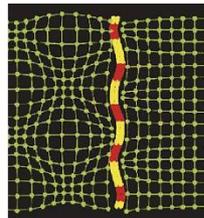
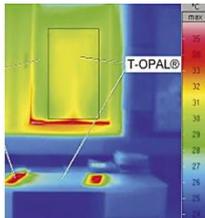
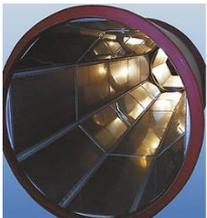


Einsatz von PCM und Low-E zur Vermeidung von Algenwachstum auf WDVS

Martin Krus



Auf Wissen bauen



Algen und Pilze auf Baustoffoberflächen

Beobachtung:

Zunehmende Belastung von Fassaden
durch Algenbewuchs

Mögliche Ursachen:

- Verminderte SO₂-Belastung der Atmosphäre
- Zunehmende Eutrophierung der Atmosphäre
- Änderung der Oberflächenfeuchteverhältnisse durch zunehmende Wärmedämmung

Algen und Pilze auf Baustoffoberflächen



Leoparden-Effekt



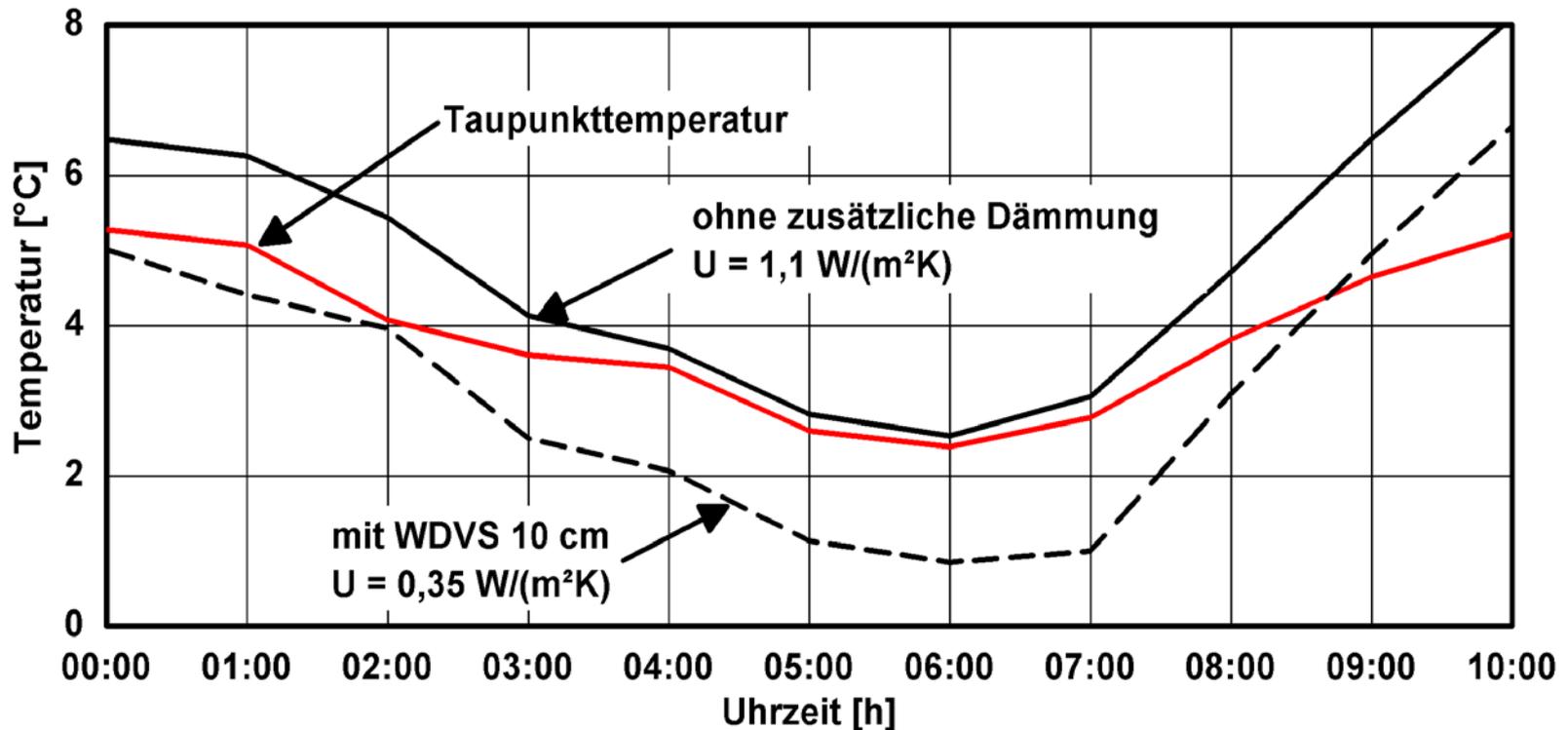
Tiger-Effekt

Ursachen für mikrobiellen Befall

Befeuchtungsmechanismus durch bessere Wärmedämmung:

- ➔ Erhöhung der Anzahl der Taupunkttemperaturunterschreitungen durch nächtliche Unterkühlung

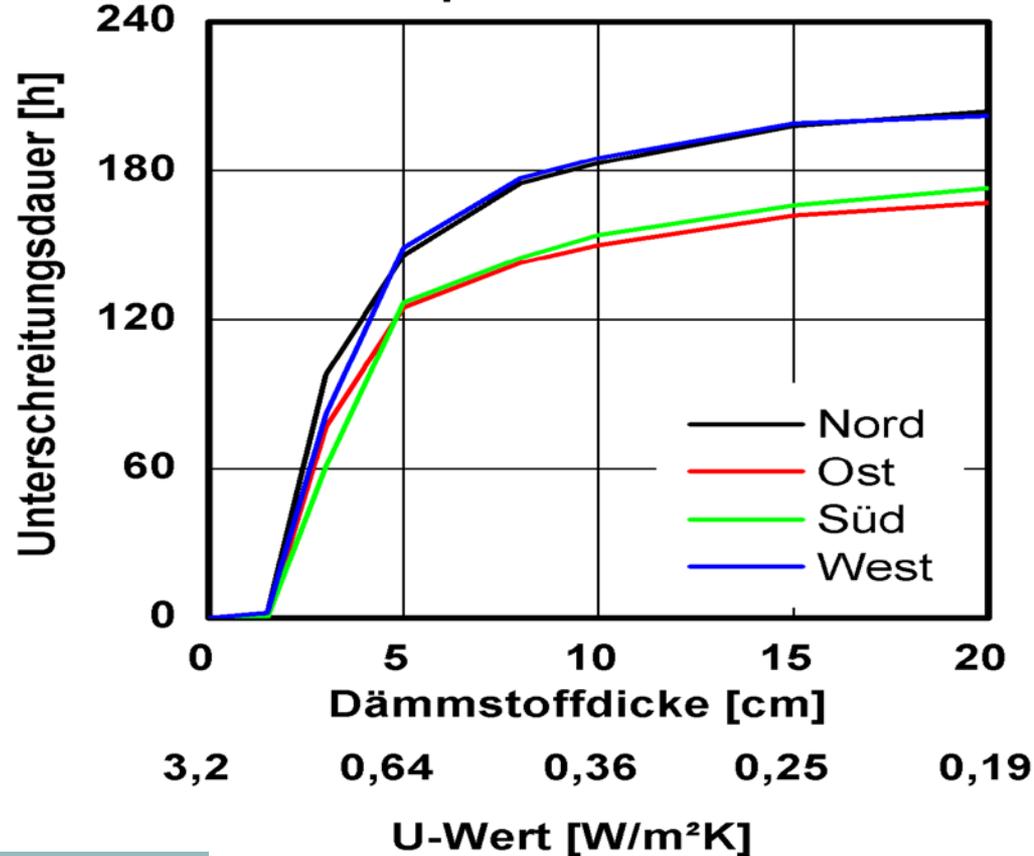
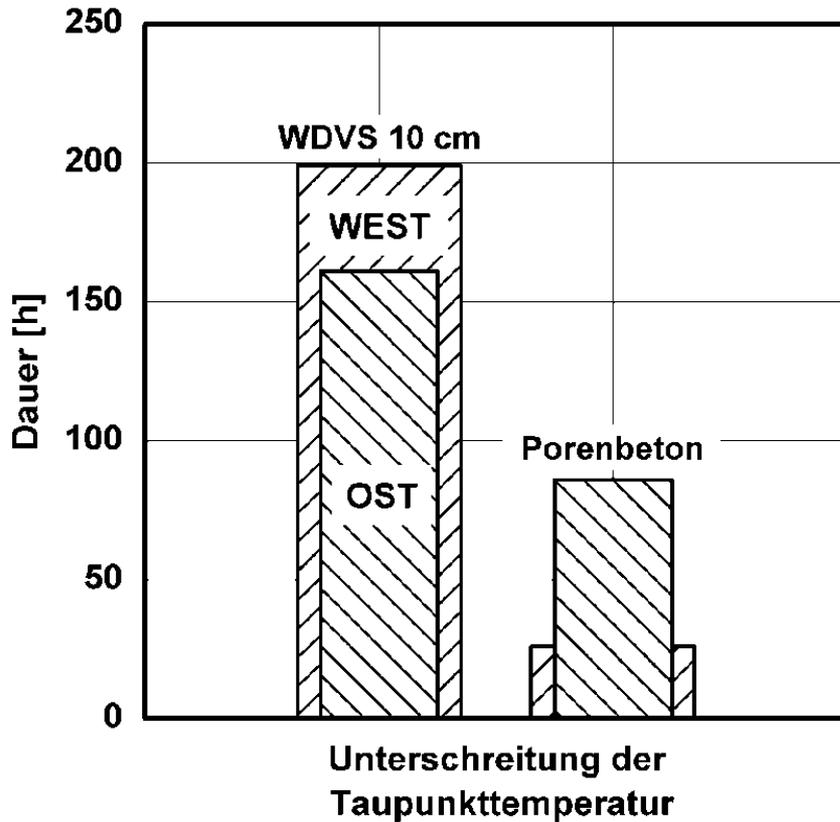
Begründung: ➔ Bewuchs meist auf schlagregenarmer Nordseite



Ursachen für mikrobiellen Refall

Standardkonstruktionen
 $U = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Auswertungszeitraum:
 September + Oktober



WDVS aufgrund fehlender oberflächennaher thermischer Masse gefährdeter

Bauphysikalische Verhinderungsstrategien

Konstruktiv:

Dachüberstände, Sträucher weg,...

Erhöhung der Wärmespeicherkapazität

Dämmstoff höherer Wärmekapazität

Dickputz

Latentwärmespeicher (PCM)

Änderung der strahlungstechnischen Oberflächeneigenschaften

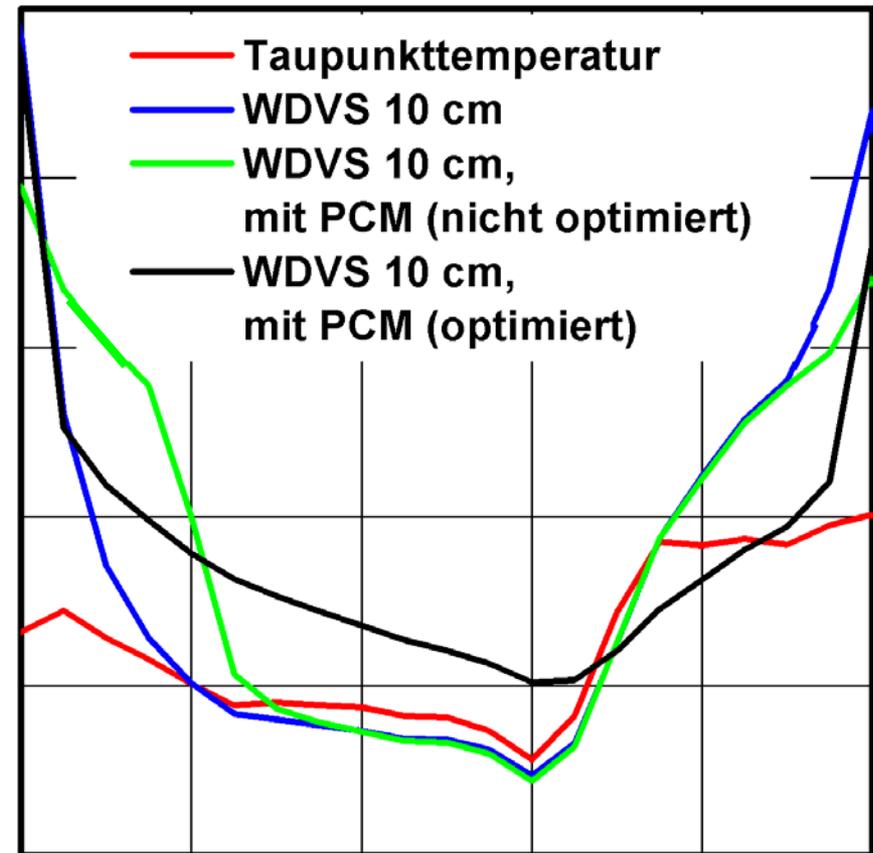
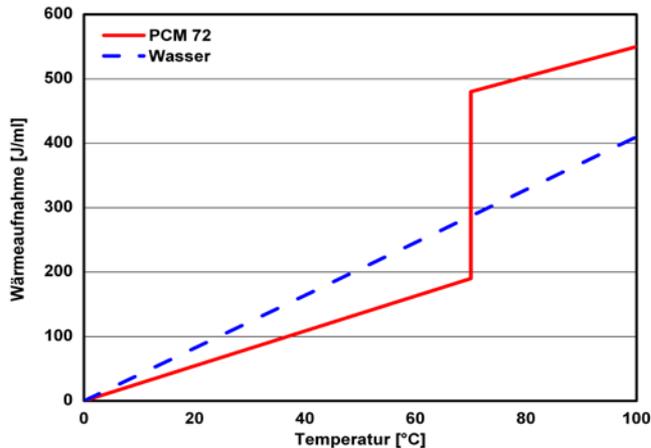
Erhöhung der kurzwelligen Absorption (dunkle Farbe)

Verringerung der langwelligen Emission (Low-E)

PCM (Phase Changing Material) - Latentwärmespeicher

Verwendete Materialien und deren Phasenwechselbereich:

- Paraffine (bis 120 °C)
- Salzhydrate (bis 120 °C)



Nur mit angepasstem Schmelzpunkt
optimale Ergebnisse

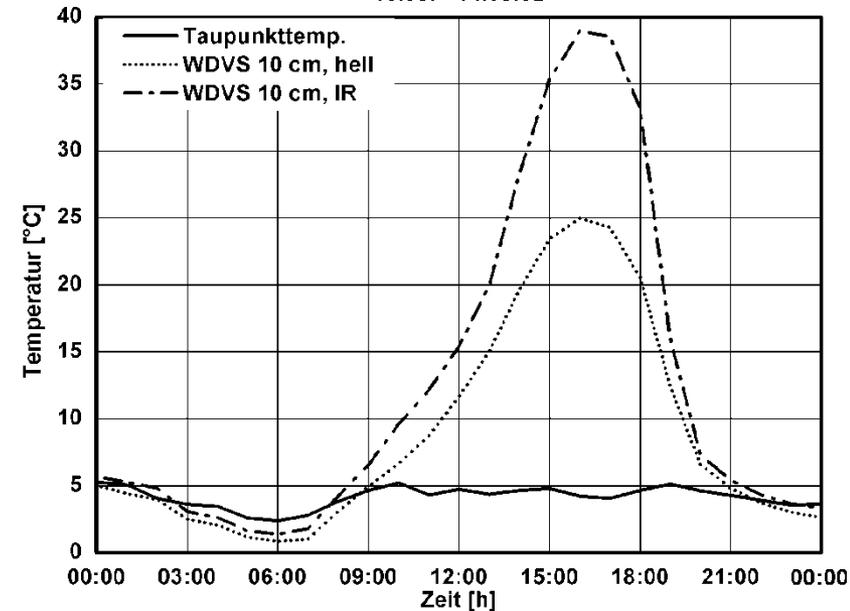
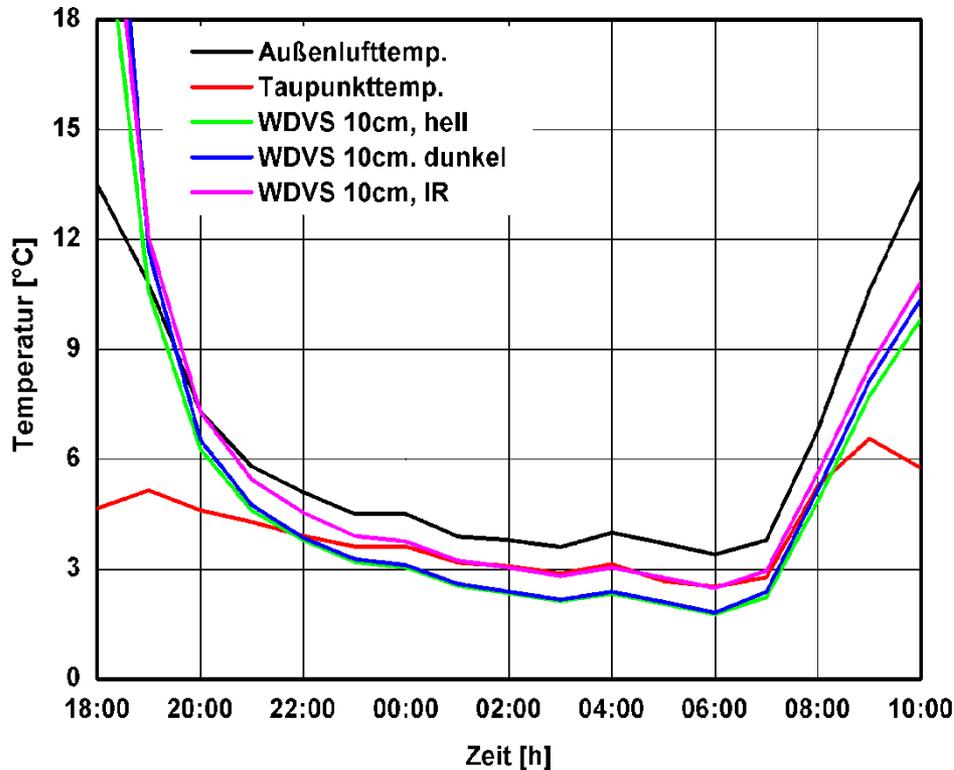
Einfluss der Farbe und des IR-Effekts

Oberflächeneigenschaften:

Hell: $a = 0,4$; $\varepsilon = 0,9$

Dunkel: $a = 0,6$; $\varepsilon = 0,9$

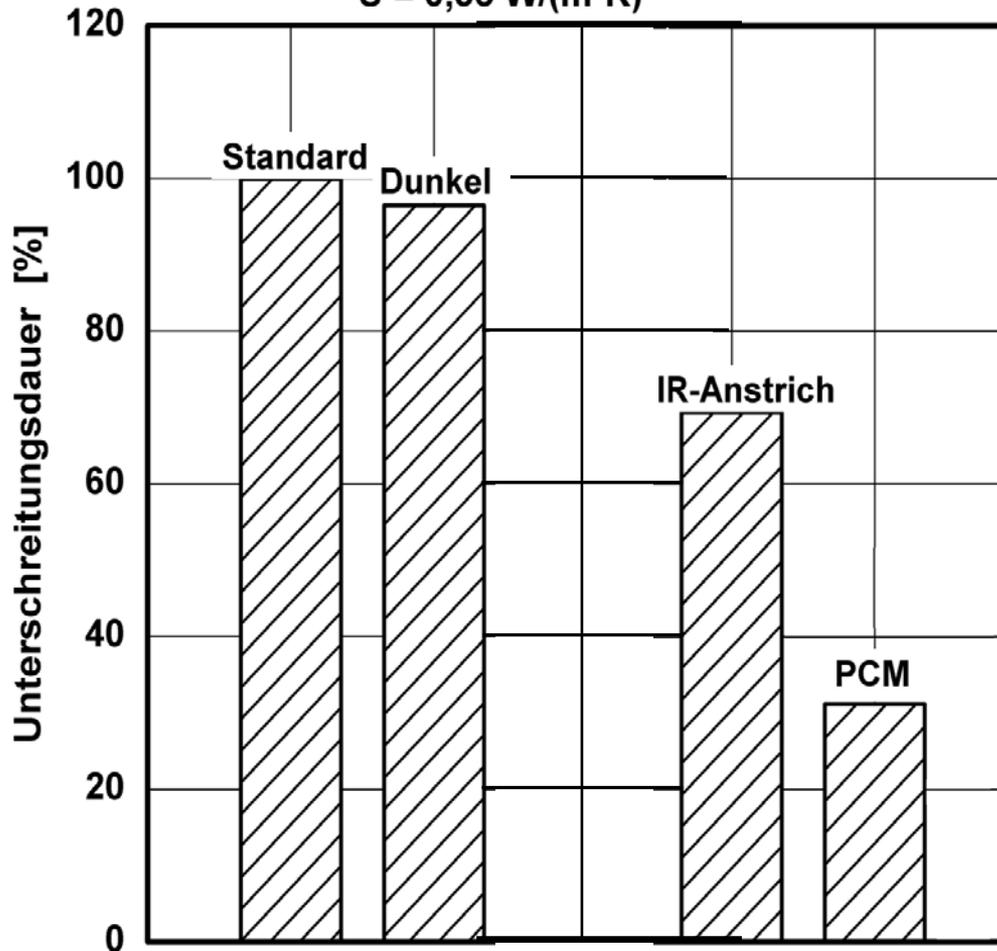
IR: $a = 0,4$; $\varepsilon = 0,6$



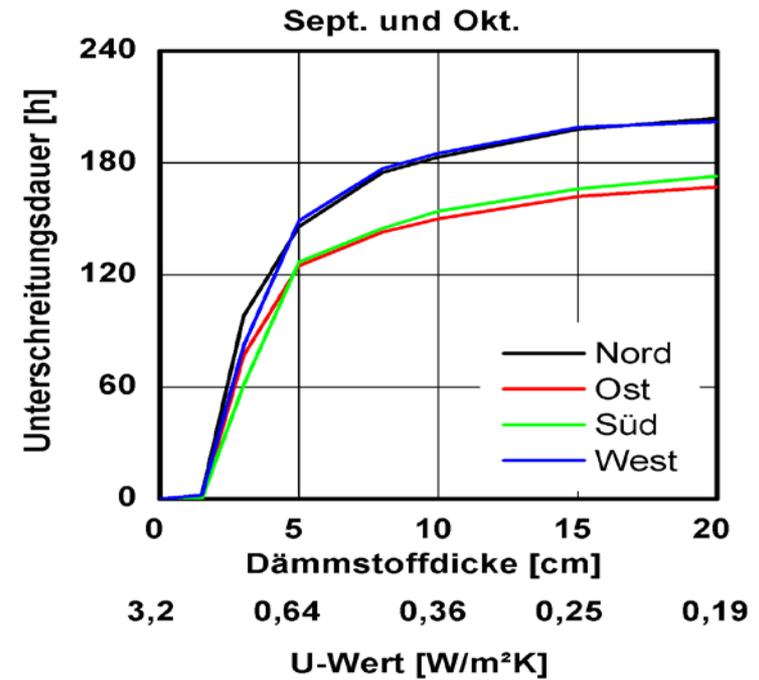
**Mit IR tagsüber höhere
Maximaltemperaturen**

Vergleich der unterschiedlichen Maßnahmen

Wandaufbau mit WDVS 10 cm;
 $U = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



20 -25% Absenkung
 ausreichend



Freilanduntersuchungen

West



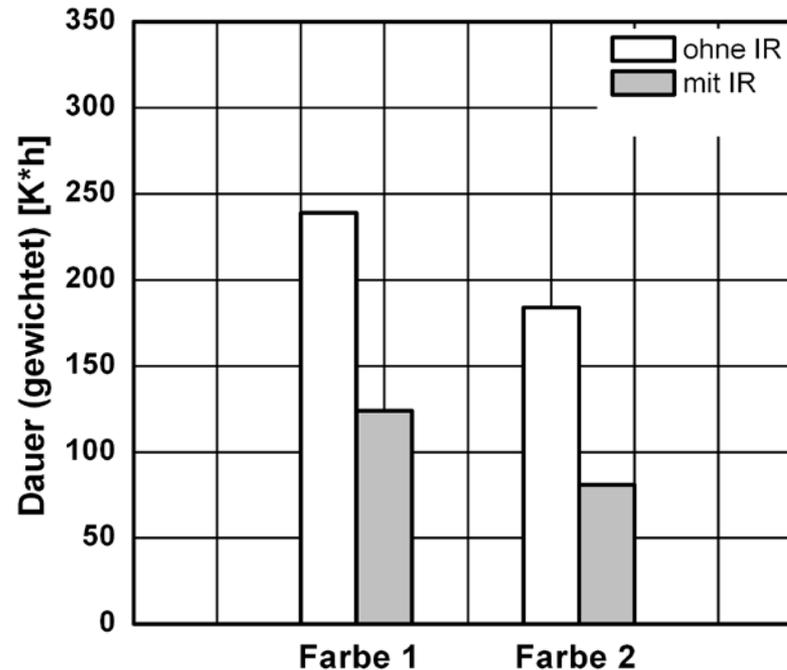
Nord

**Bewitterung von
Gebäudewänden in
Holzkirchen**



Freilanduntersuchungen Low-E

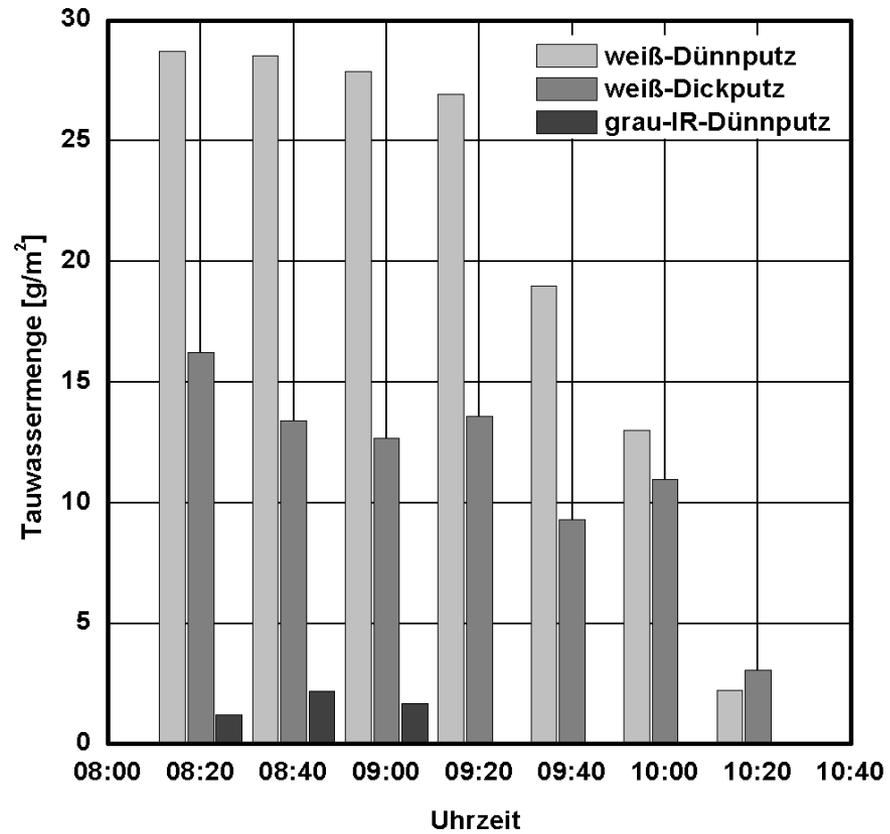
Einfluss des Anstrichs auf Dauer der Betauung



Reduzierung um 40 – 50 %

Freilanduntersuchungen Low-E

Bestimmung der Menge des Oberflächenwassers



Zusammenfassung Low-E-Anstrich

- deutliche Reduzierung der Tauwasserzeiten mit IR-Beschichtungen auf WDVS je nach Emissionsgrad zwischen 20 und 50 %
- Reduzierung des Oberflächentauwassers
- höhere Oberflächentemperaturen
- mit wenig Aufwand nachträglich anwendbar

- bisher keine rein weißen IR-Beschichtungen realisierbar
- Versilberungseffekt bei Abwitterung
- Dauerhaftigkeit ist zu verbessern

➔ **Entwicklungsbedarf**



Freilanduntersuchungen PCM (+Low-E)



Aussenluft 19.9 °C		Nordstrahlung 175 W/m ²		Temp.Abstrahlung 21 °C		langw. Abstrahlung 44.3 W/m ²	
Feld 1 Dickputz 8 mm hellgrau PCM $\varepsilon = 0,96$ $\alpha = 0,39$	Feld 2 Dickputz 8 mm hellgrau PCM + IR $\varepsilon = 0,74$ $\alpha = 0,39$	Feld 3 Dünnputz 3 mm hellgrau PCM $\varepsilon = 0,96$ $\alpha = 0,39$	Feld 4 Dünnputz 3 mm hellgrau PCM + IR $\varepsilon = 0,74$ $\alpha = 0,39$	Feld 5 Dünnputz 3 mm hellgrau IR $\varepsilon = 0,74$ $\alpha = 0,39$	Feld 6 Dünnputz 3 mm hellgrau $\varepsilon = 0,96$ $\alpha = 0,39$	Feld 7 Dünnputz 3 mm weiß $\varepsilon = 0,96$ $\alpha = 0,23$	Feld 8 Dünnputz 3 mm weiß $\varepsilon = 0,95$ $\alpha = 0,17$
GS2T _ 17.4 °C	GS2T _ 18.0 °C	GS2T _ 17.5 °C	GS2T _ 17.8 °C	GS2T _ 18.1 °C	GS2T _ 17.8 °C	GS2T _ 17.4 °C	GS2T _ 17.2 °C
AOFT1 _ 22.0 °C	AOFT1 _ 22.7 °C	AOFT1 _ 22.4 °C	AOFT1 _ 23.0 °C	AOFT1 _ 23.1 °C	AOFT1 _ 22.6 °C	AOFT1 _ 20.5 °C	AOFT1 _ 19.8 °C
AOFT2 _ 22.1 °C	AOFT2 _ 22.7 °C	AOFT2 _ 22.4 °C	AOFT2 _ 23.0 °C	AOFT2 _ 22.8 °C	AOFT2 _ 22.6 °C	AOFT2 _ 20.5 °C	AOFT2 _ 19.7 °C
GS1WS_ -1.6 W/m ²							
AOFWWS_ -4.0 W/m ²							
Regensensor_Ost				Regensensor_West			

Freilanduntersuchungen

Verbesserung: 1. Herbst

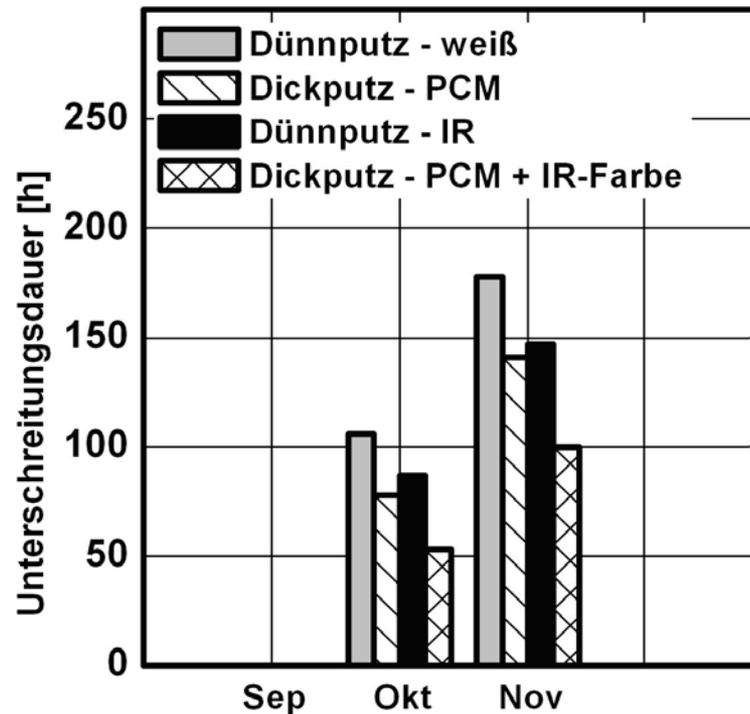
PCM: bis ca. 30 %

IR: bis ca. 20 %

PCM+IR: bis ca. 50 %

10 M.-% PCM

Emissionsgrad IR 0.74



Freilanduntersuchungen

Verbesserung: 1. Herbst

PCM: bis ca. 30 %

IR: bis ca. 20 %

PCM+IR: bis ca. 50 %

**Mittlere
Taupunkttemp. 5,1° C**

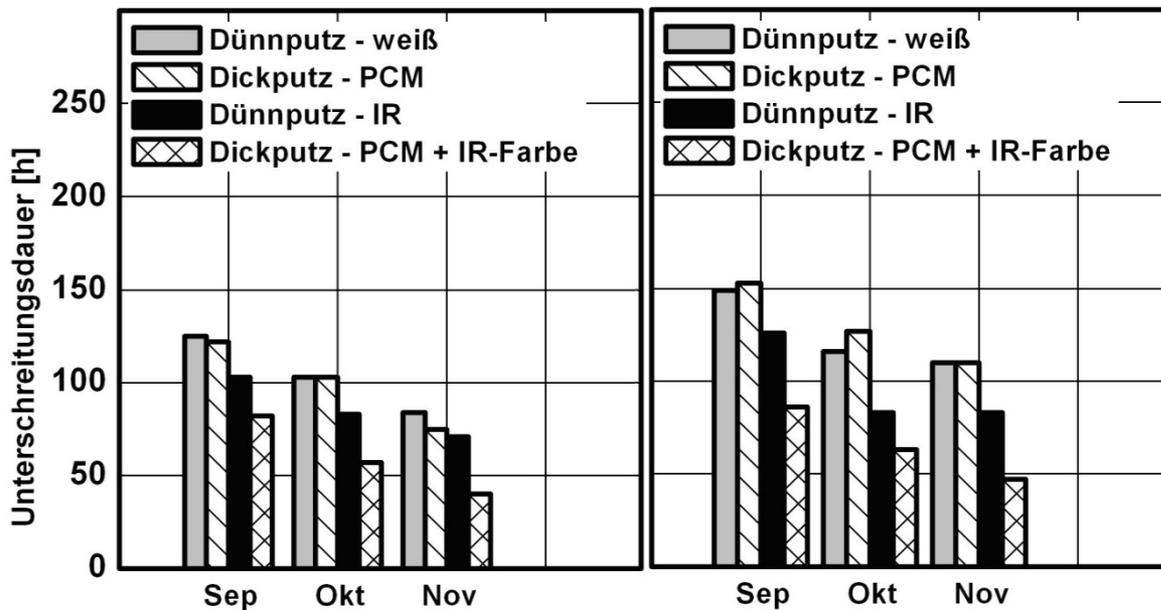
**Umschlagspunkt PCM:
ca. 6°C**

**Verbesserung:
2. + 3. Herbst**

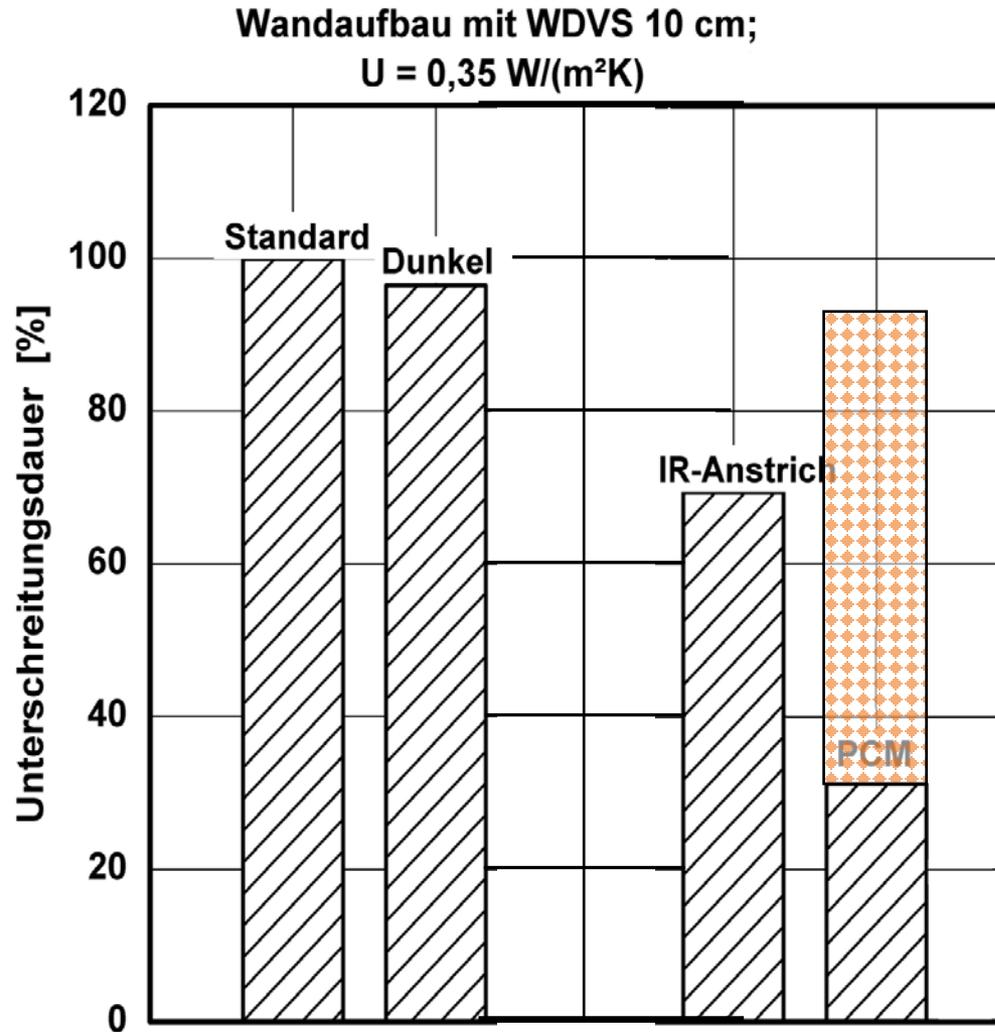
PCM: bis ca. **5 %**

IR: bis ca. 20 %

**Mittlere
Taupunkttemp. 8,3° C**



Vergleich der unterschiedlichen Maßnahmen



Zusammenfassung PCM

- deutliche Reduzierung der Tauwasserzeiten mit PCM-Materialien möglich
- aber Optimierung der Phasenwechseltemperatur erforderlich

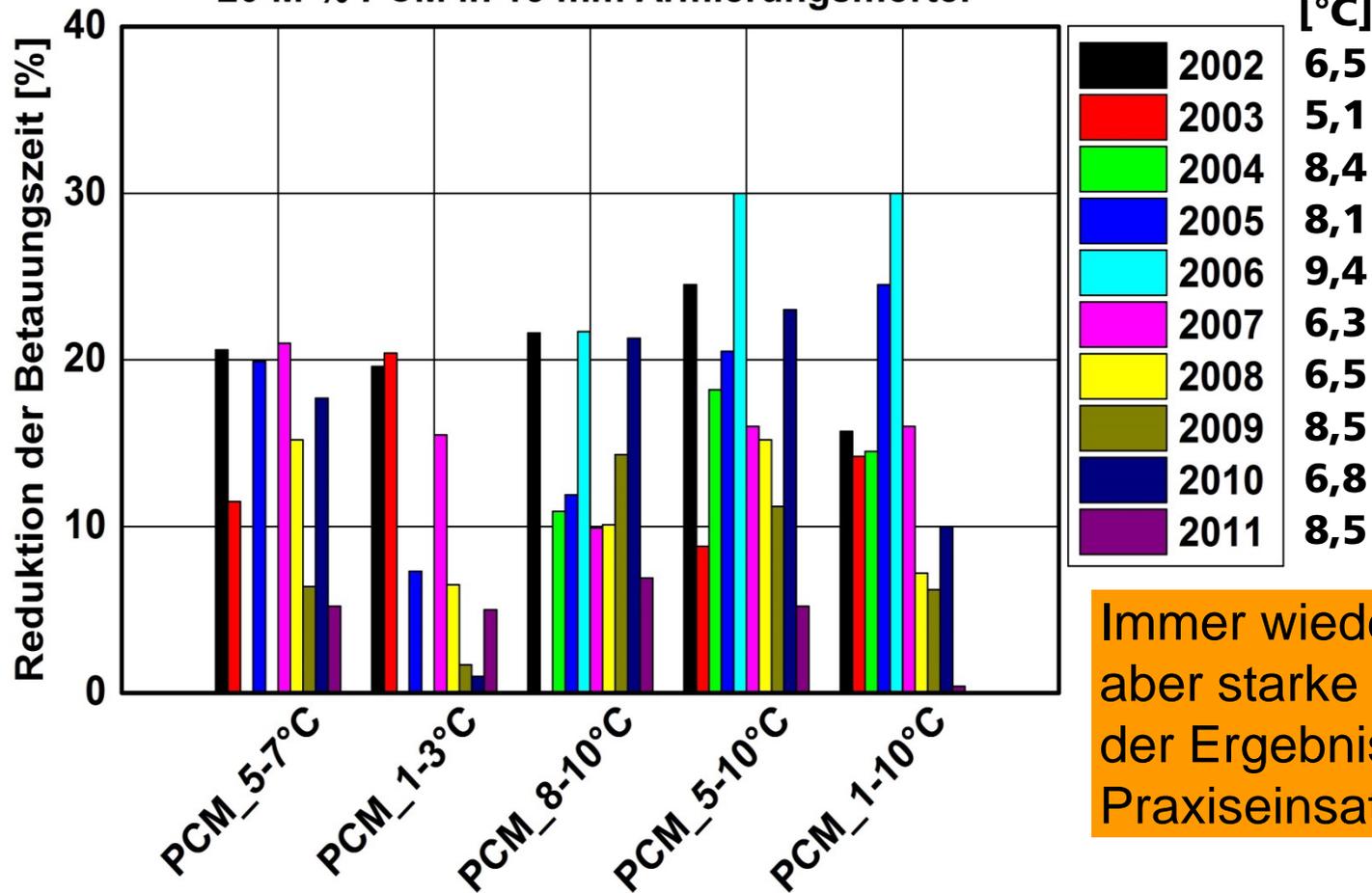
Trotz korrekter Berechnung unerwartete,
im Freilandversuch stark schwankende Ergebnisse

➔ Freilanduntersuchungen immer noch hilfreich und nötig

➔ Längerfristige Berechnungen mit aufeinander
folgenden Klimajahren

Langfristige PCM-Berechnungen

20 M-% PCM in 15 mm Armierungsmörtel



Immer wieder 20 % und mehr, aber starke Schwankungen der Ergebnisse. Praxiseinsatz fragwürdig.

Neuentwicklungen Low-E Anstrich

Anstriche der ersten Generation mit Aluminiumplättchen zeigen zwar gute Wirkung, „versilbern“ aber nach wenigen Wochen Abwitterung

- ➔ Verbesserung der Wetterbeständigkeit (Beige-Graues System)
- ➔ Beschichtung der Alu-Pigmente mit einer Silikatschicht mit Weißpigmenten; Kaschierung der silbrigen Farbe (Blau-Graues System)

Westfassade



Nordfassade



Neuentwicklungen Low-E Anstrich

Westfassade

Zeitraum	Referenz-System Betauungsdauer [h]	System Beige-Grau		System Blau-Grau	
		Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]	Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]
Aug - Okt / 2012	753	684	10	-	-
Aug - Okt / 2013	387	299	23	-	-
Okt - Nov / 2014	324	258	20	292	10
Aug - Nov / 2015	635	431	30	576	9

Nordfassade

Zeitraum	Referenz-System Betauungsdauer [h]	System Beige-Grau		System Blau-Grau	
		Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]	Betauungsdauer [h]	Unterschied zu Referenz [%]
Aug - Okt / 2012	1077	890	17	-	-
Aug - Okt / 2013	266	197	25	-	-
Okt - Nov / 2014	335	259	23	276	18
Aug - Nov / 2015	599	438	27	541	10

Beige-Grau: Absenkung ca. 25 %, nur geringfügiger Glanzeffekt

Blau-Grau: Absenkung ca. 10-18 %, bisher keine optische Veränderung

Zusammenfassung

- WDV-Systeme aufgrund fehlender oberflächennaher thermischer Masse gefährdeter
- Nächtliches Tauwasser erhöht maßgeblich das Bewuchsrisko
- Vielfältige Zusammenhänge zwischen Bewuchs und Einflussgrößen
- PCM-Einsatz senkt Bewuchsrisko, aber mit stark schwankenden Ergebnissen
- 2 neu entwickelte Low-E Beschichtungen:
 - mit ca. 25 % (beige-grau: geringer Glanzeffekt)
 - mit ca. 15% Betaunungsreduktion (blau-grau: derzeit ohne optische Veränderung)