



# Überhitzungsschutz für Solarkollektoren

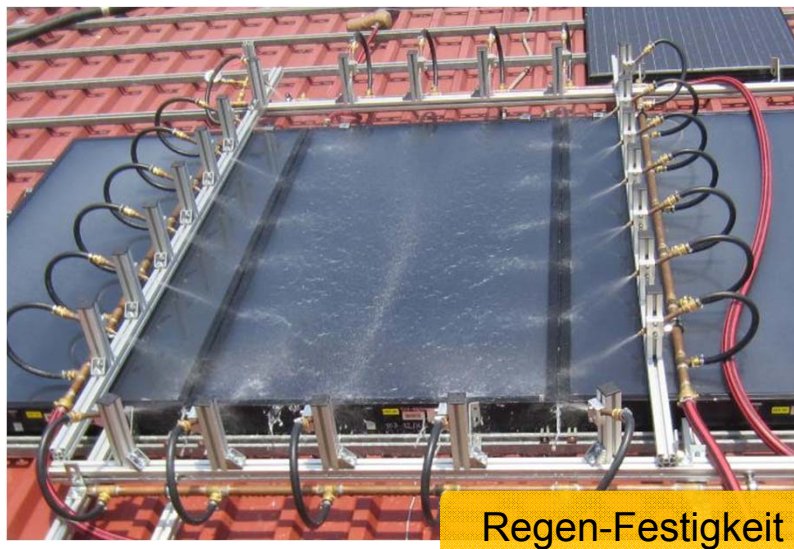
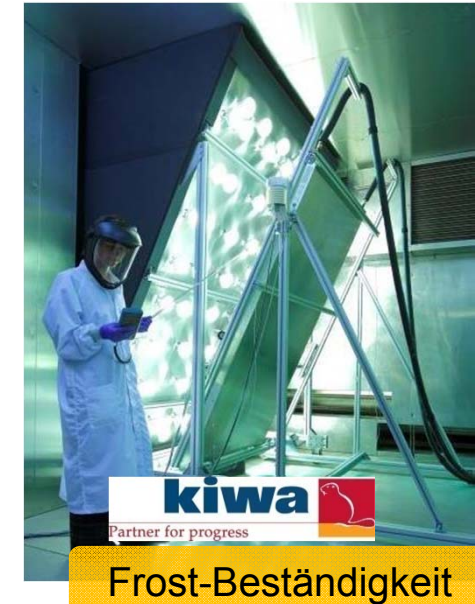
## Neue Lösungswege

R. Reineke-Koch





# Kollektor Beständigkeitsprüfungen





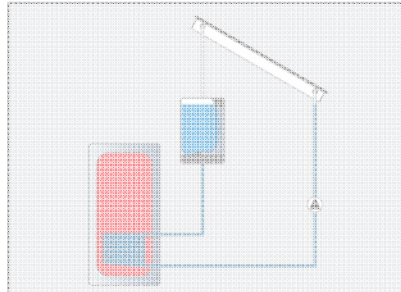
# Ansätze zur Reduzierung von Stagnation

## Verschattung



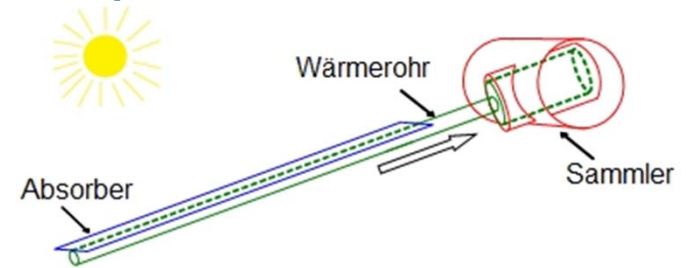
Harrison, S. et al: A review of strategies for the control of high temperature stagnation in solar collectors and systems. Energy Procedia 30 p. 793-804, SHC 2012

## Entleerung (Drain Back)

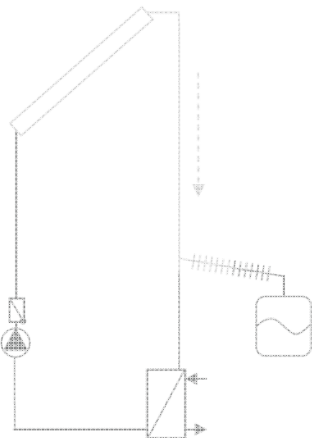


Solar Technologie International GmbH: <https://www.sti-solar.de/images/stiidr/SolBox%20Deutsch.pdf> (28.09.2017)

## Heat Pipes

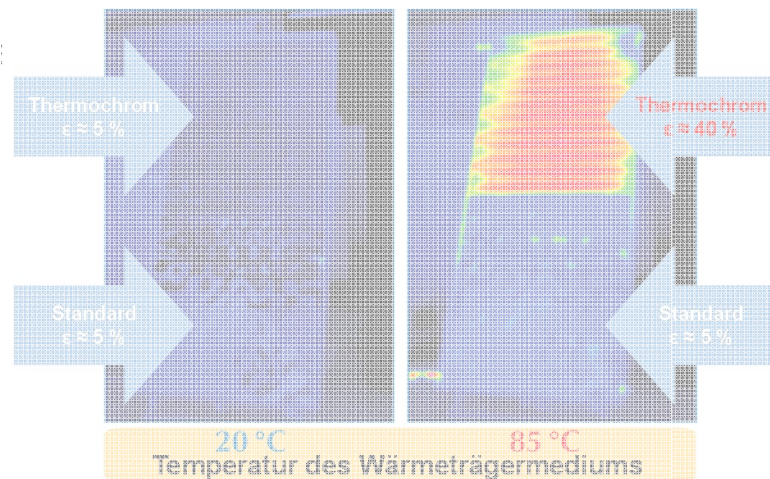


## Stagnationskühler



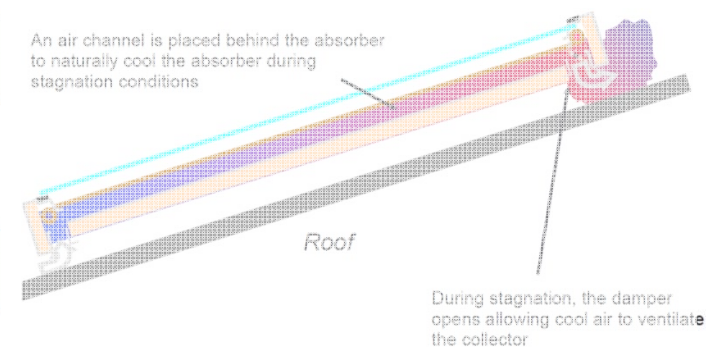
Scheuren, J.: Untersuchung zum Stagnationsverhalten solarthermischer Kollektorfelder. Dissertation, Universität Kassel, Shaker Verlag, 2008

## Thermochrome Absorberbeschichtung



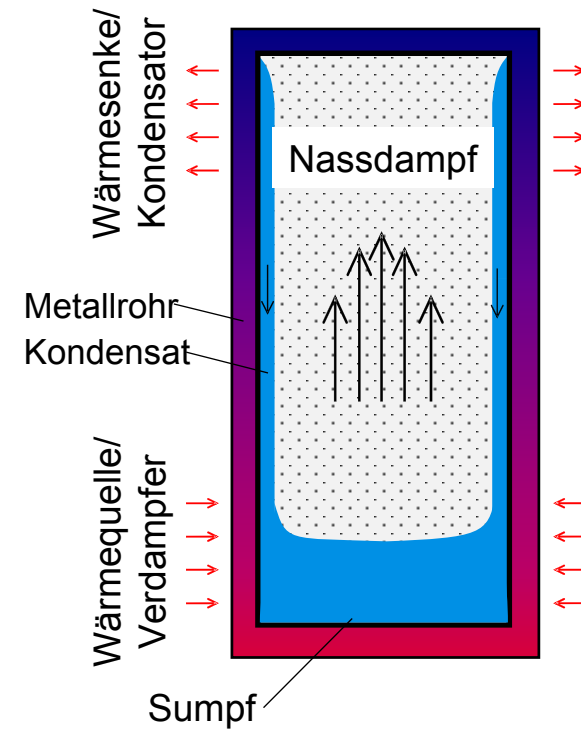
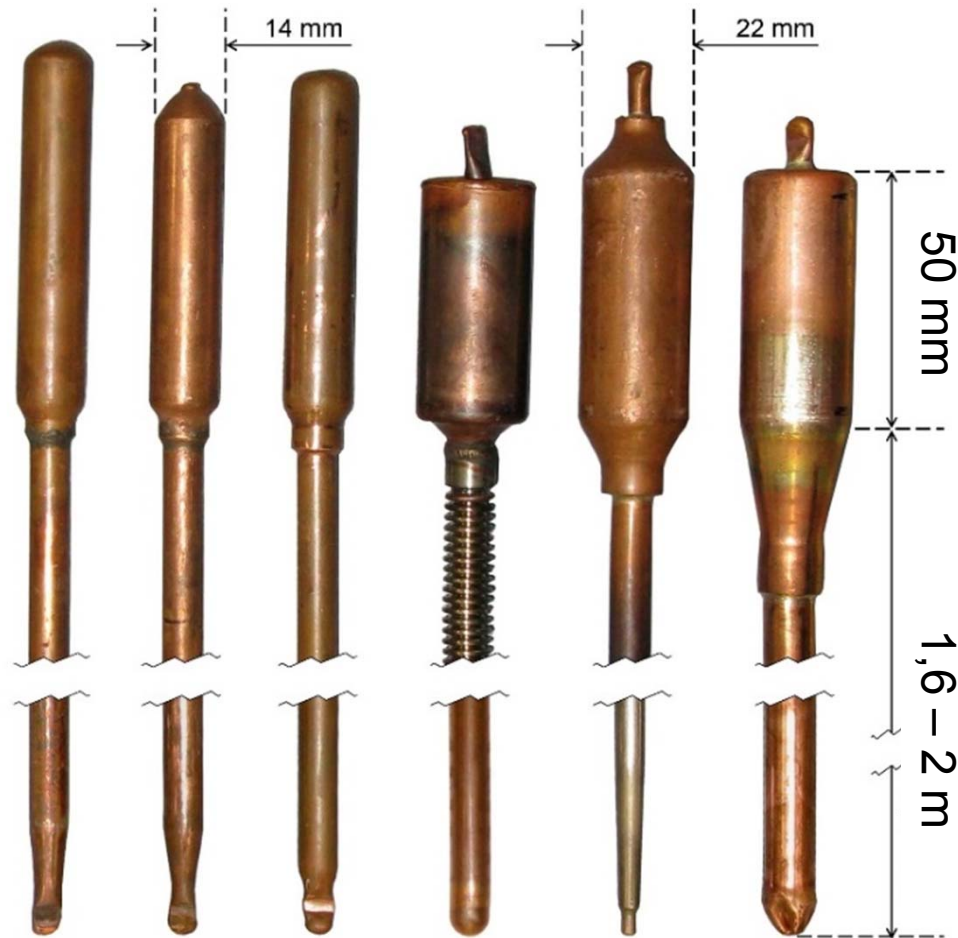
Föste, S. et al: Flat plate collectors with thermochromic absorber coatings to reduce loads during stagnation. Energy Procedia 91 p. 42-48, 2016

## Thermomechanisches Ventil

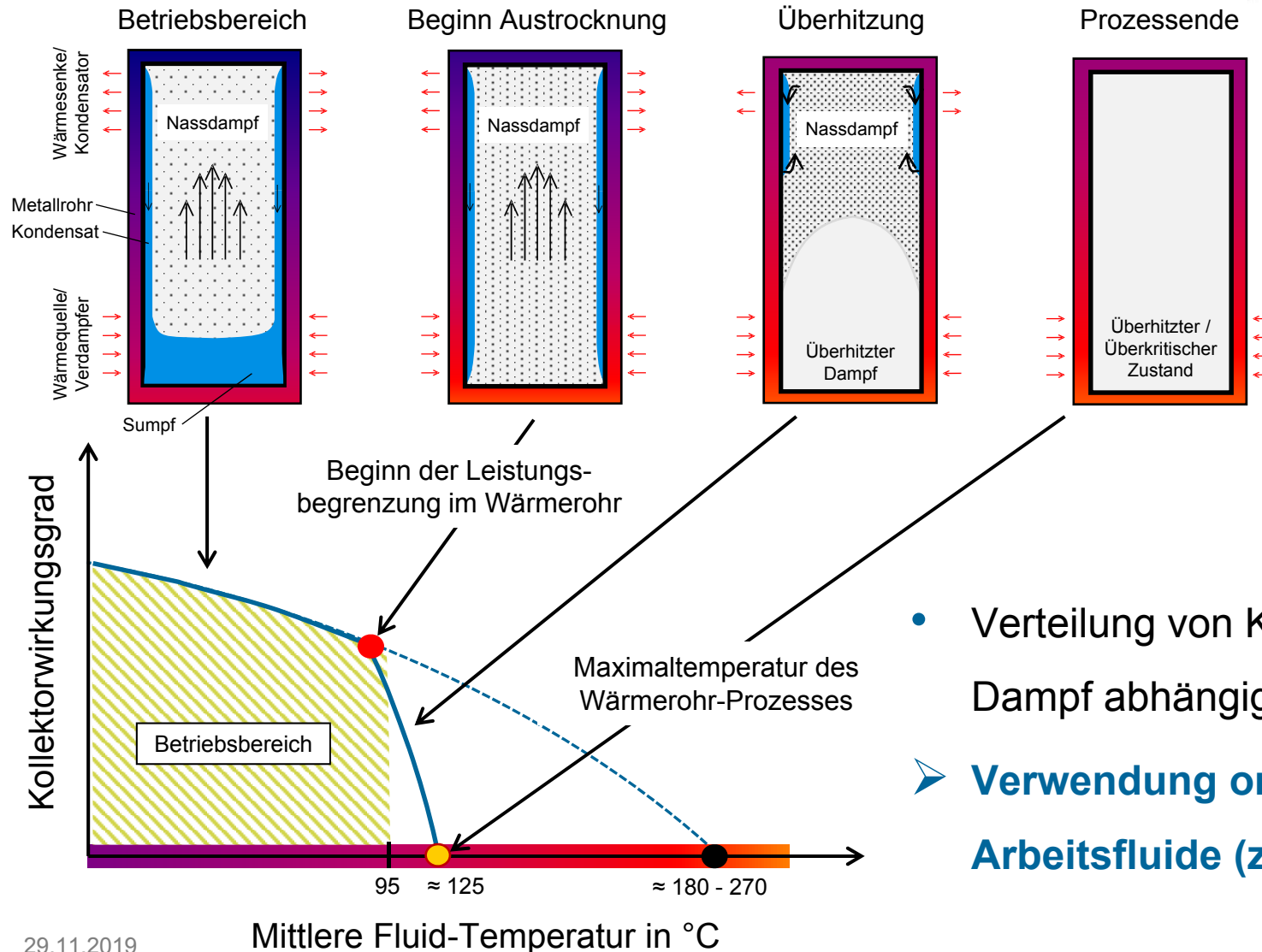


Harrison, S. et al: Integral stagnation temperature control for solar collectors. SESCI 2004 Conference, University of Waterloo, Ontario, Canada. August 2004

# Was sind Wärmerohre / Heat-Pipes?



# Temperaturbegrenzung mit Wärmerohren

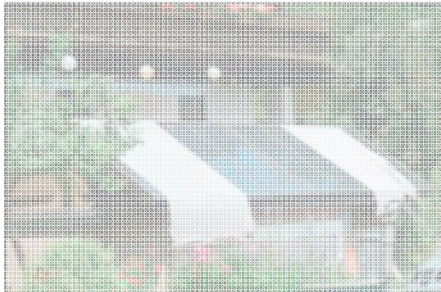


- Verteilung von Kondensat und Dampf abhängig von Temperatur
- **Verwendung organischer Arbeitsfluide (z.B. Butan/Pentan)**



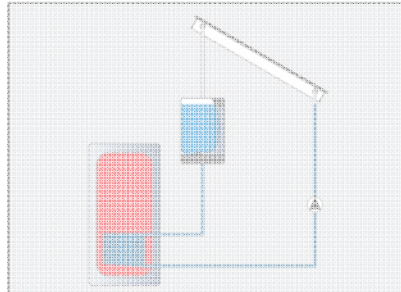
# Ansätze zur Reduzierung von Stagnation

## Verschattung



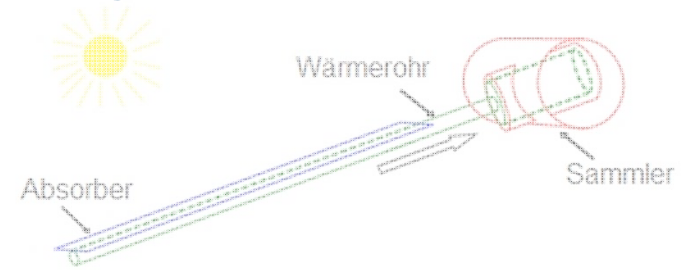
Harrison, S. et al: A review of strategies for the control of high temperature stagnation in solar collectors and systems. Energy Procedia 30 p. 793-804, SHC 2012

## Entleerung (Drain Back)

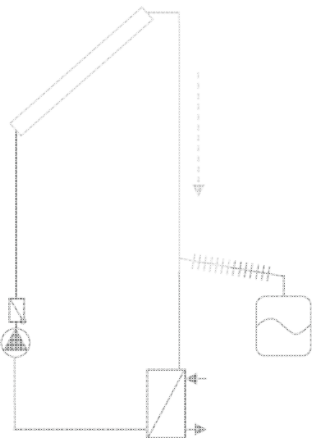


Solar Technologie International GmbH: <https://www.sti-solar.de/images/stijpdf/SolBox%20Deutsch.pdf> (28.09.2017)

## Heat Pipes

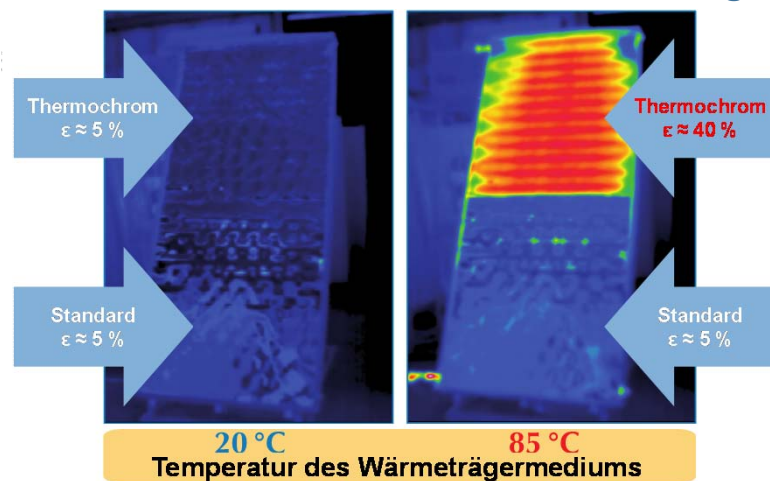


## Stagnationskühler



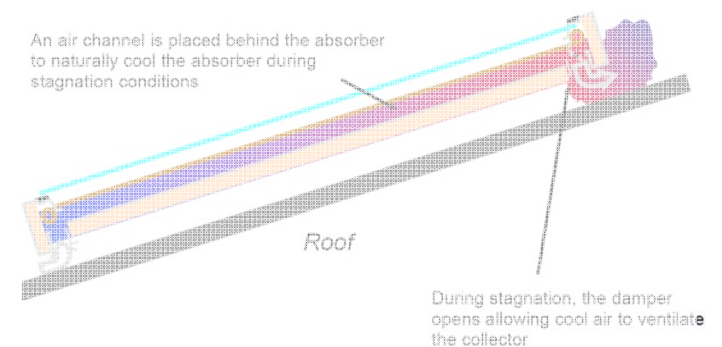
Scheuren, J.: Untersuchung zum Stagnationsverhalten solarthermischer Kollektorfelder. Dissertation, Universität Kassel, Shaker Verlag, 2008

## Thermochrome Absorberbeschichtung



Föste, S. et al: Flat plate collectors with thermochromic absorber coatings to reduce loads during stagnation. Energy Procedia 91 p. 42-48, 2016

## Thermomechanisches Ventil

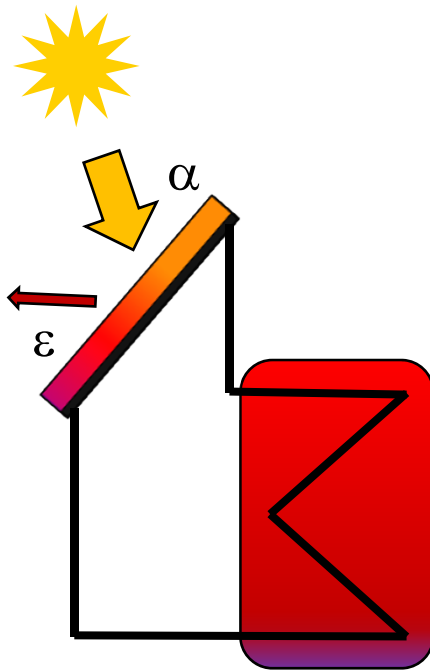


Harrison, S. et al: Integral stagnation temperature control for solar collectors. SESCI 2004 Conference, University of Waterloo, Ontario, Canada. August 2004

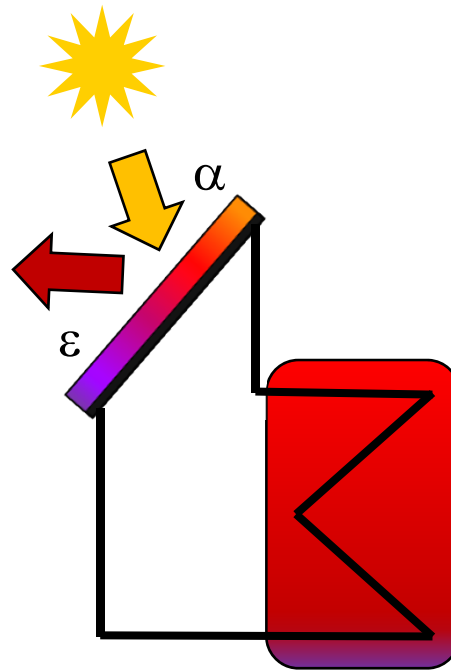
# Vermeidung der Stagnation

Selektiver Absorber

Thermochromer Absorber



$T_{\text{Kollektor}}$  bis zu  $240^{\circ}$

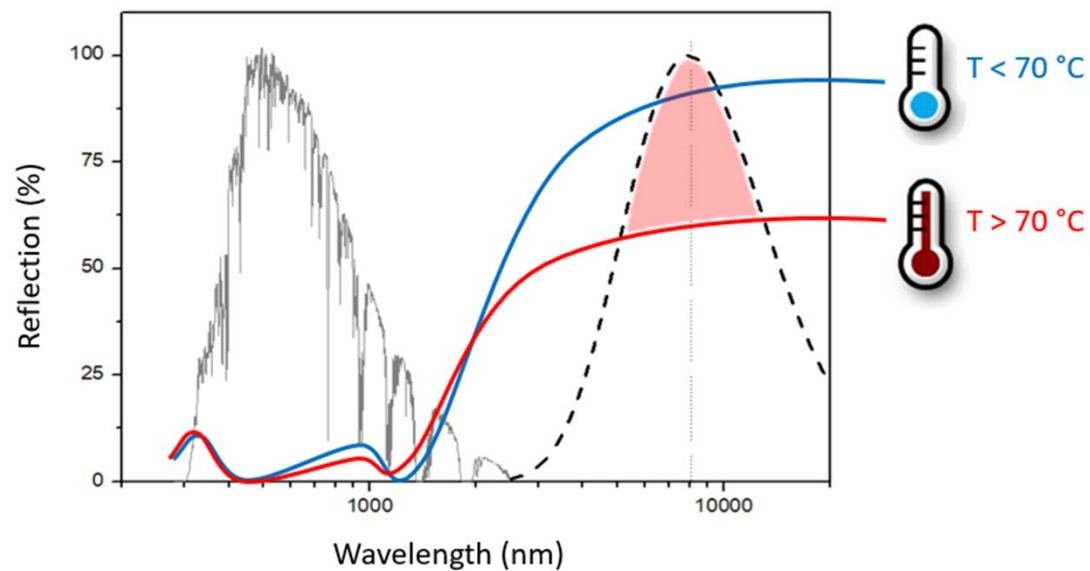


$T_{\text{Kollektor}} < 150^{\circ}\text{C}$

## Thermochrome Absorber

- T-abhängiger thermischer Emissionsgrad
- ~~T-abhängiger solarer Absorptionsgrad~~  
techn. nicht realisiert





Bei niedriger Temperatur

$$\alpha > 94\%$$

$$\varepsilon < 10\%$$

Bei hoher Temperatur

$$\alpha > 95\%$$

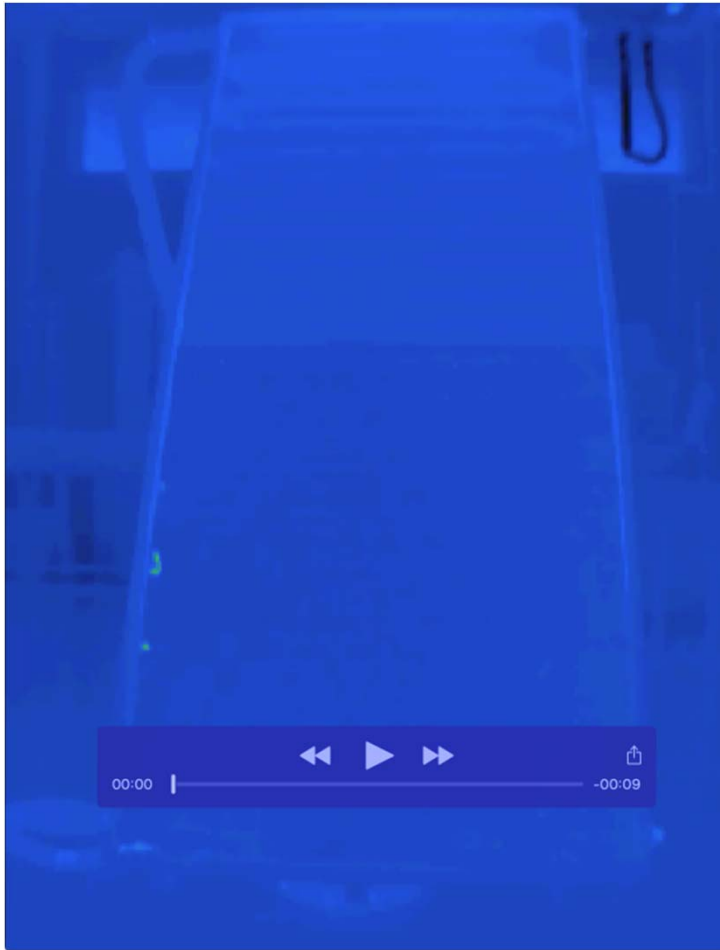
$$\varepsilon > 40\%$$

ProTASK Abschluss-Workshop - Hameln/Emmertal, 13 Juni 2019

Nicolas PORTHA

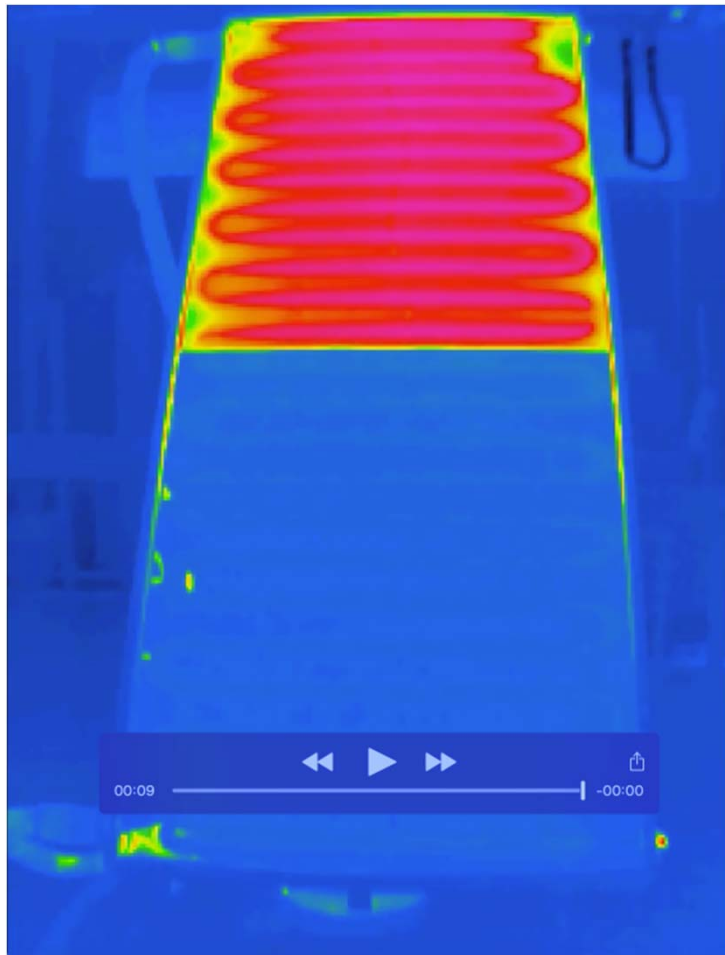
Selective coating R&D and production manager

**VIESSMANN**  
climate of innovation



## Demonstrations-Kollektor ohne Glasabdeckung

- Wasser-Durchströmung mit 25 °C bis 80 °C
- oben: Thermochrom
- unten: Standard selektiv

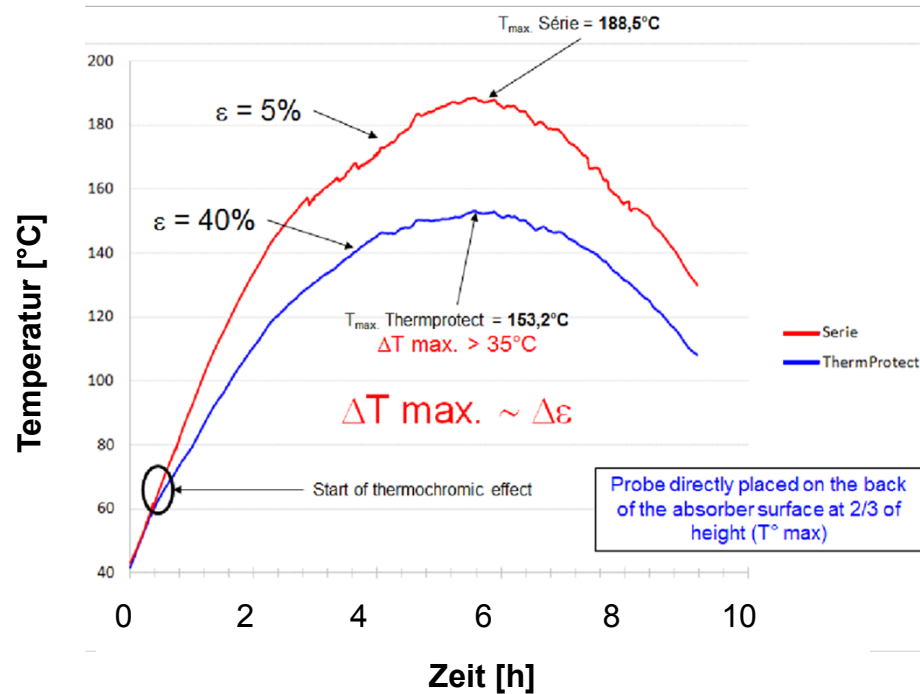


## Demonstrations-Kollektor ohne Glasabdeckung

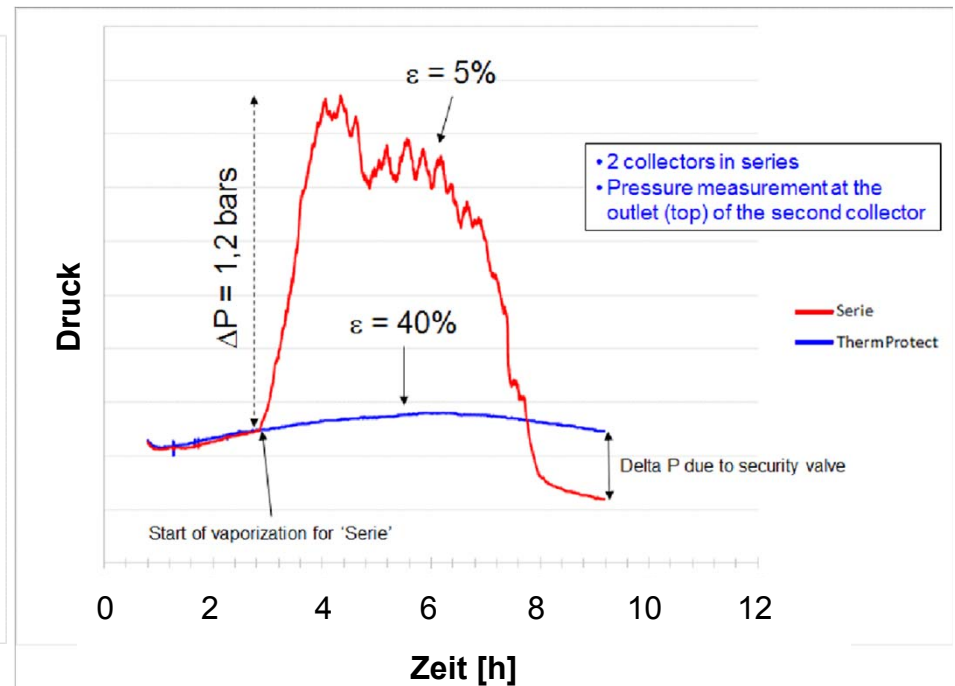
- Wasser-Durchströmung mit 25 °C bis 80 °C
- oben: Thermochrom
- unten: Standard selektiv



# Viessmann: Thermochromer Kollektor



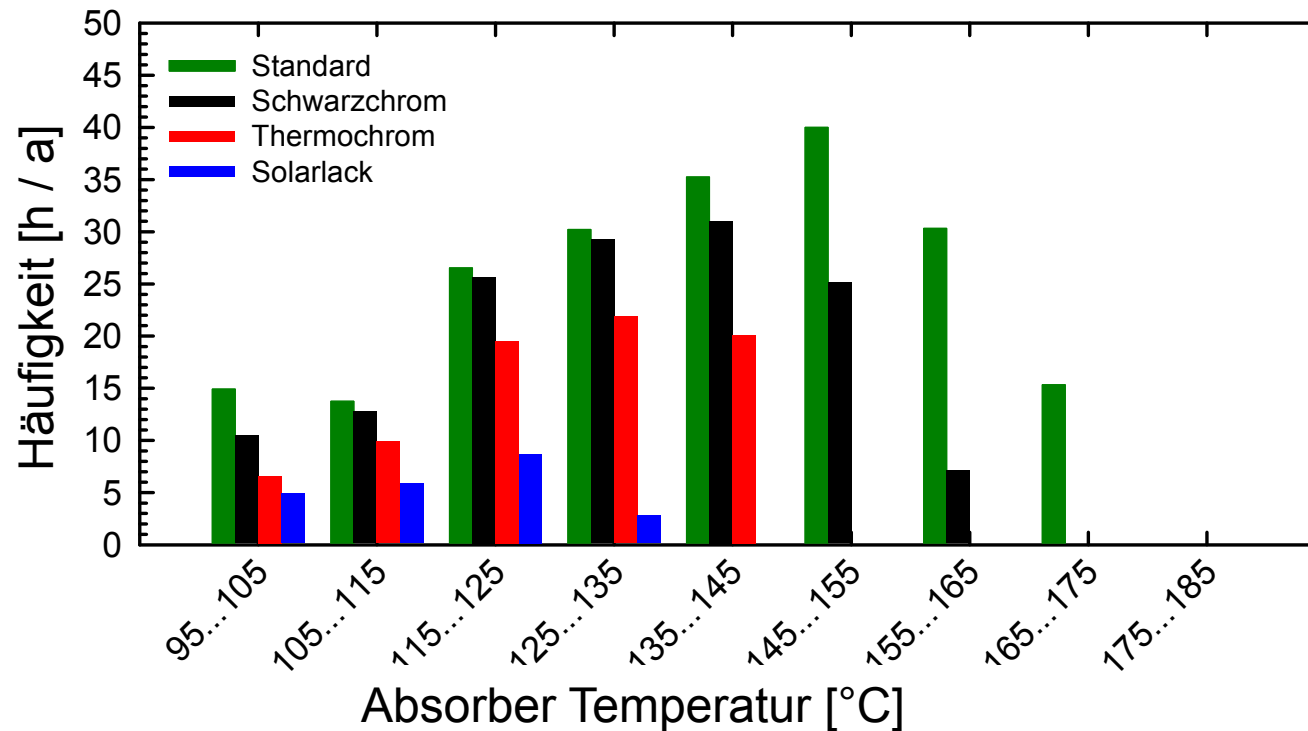
ProTASK Abschluss-Workshop - Hameln/Emmertal, 13 Juni 2019



Nicolas PORTHA

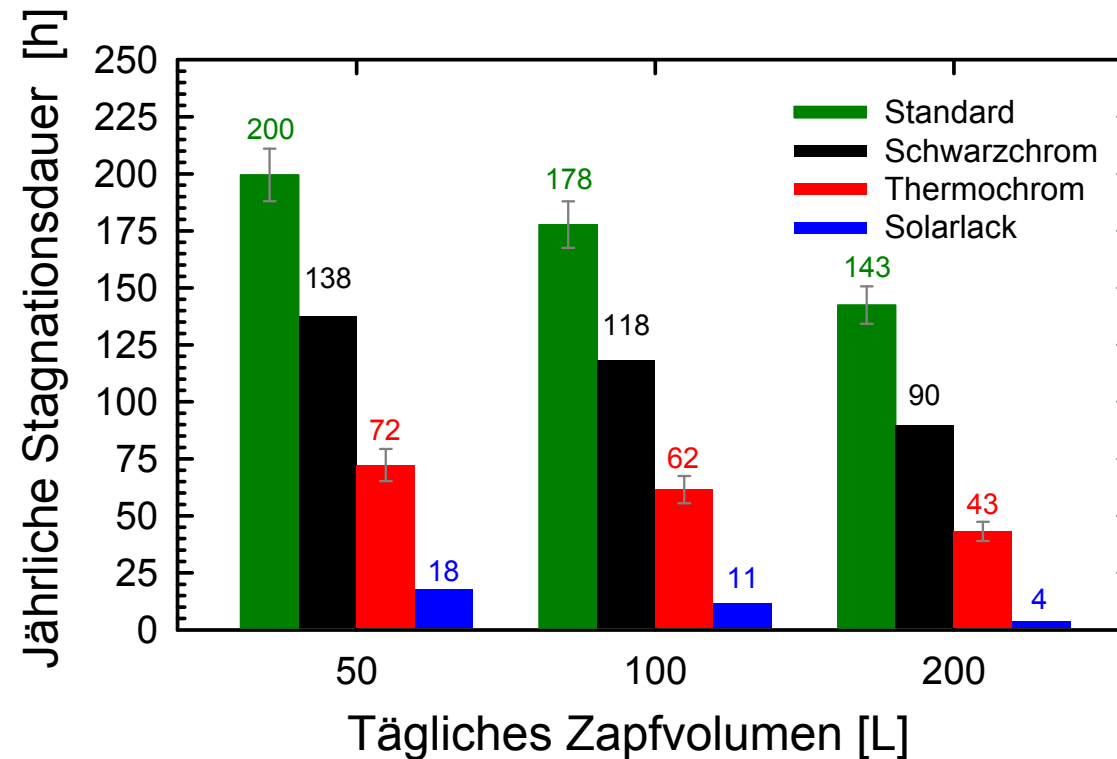
Selective coating R&D and production manager

**VIESSMANN**  
climate of innovation



- Die Temperatur des thermochromen Absorbers ist auf **145 °C** begrenzt
- Im Vergleich zum selektiven Standard-Absorber ist „Schwarzschrö“ um **10 K**, „Thermochrom“ um **30 K** und „Solarlack“ um **40 K** reduziert.

S. Müller, F. Giovannetti, R. Reineke-Koch, O. Kastner, B. Hafner; Solar Energy 188 (2019) 865-874



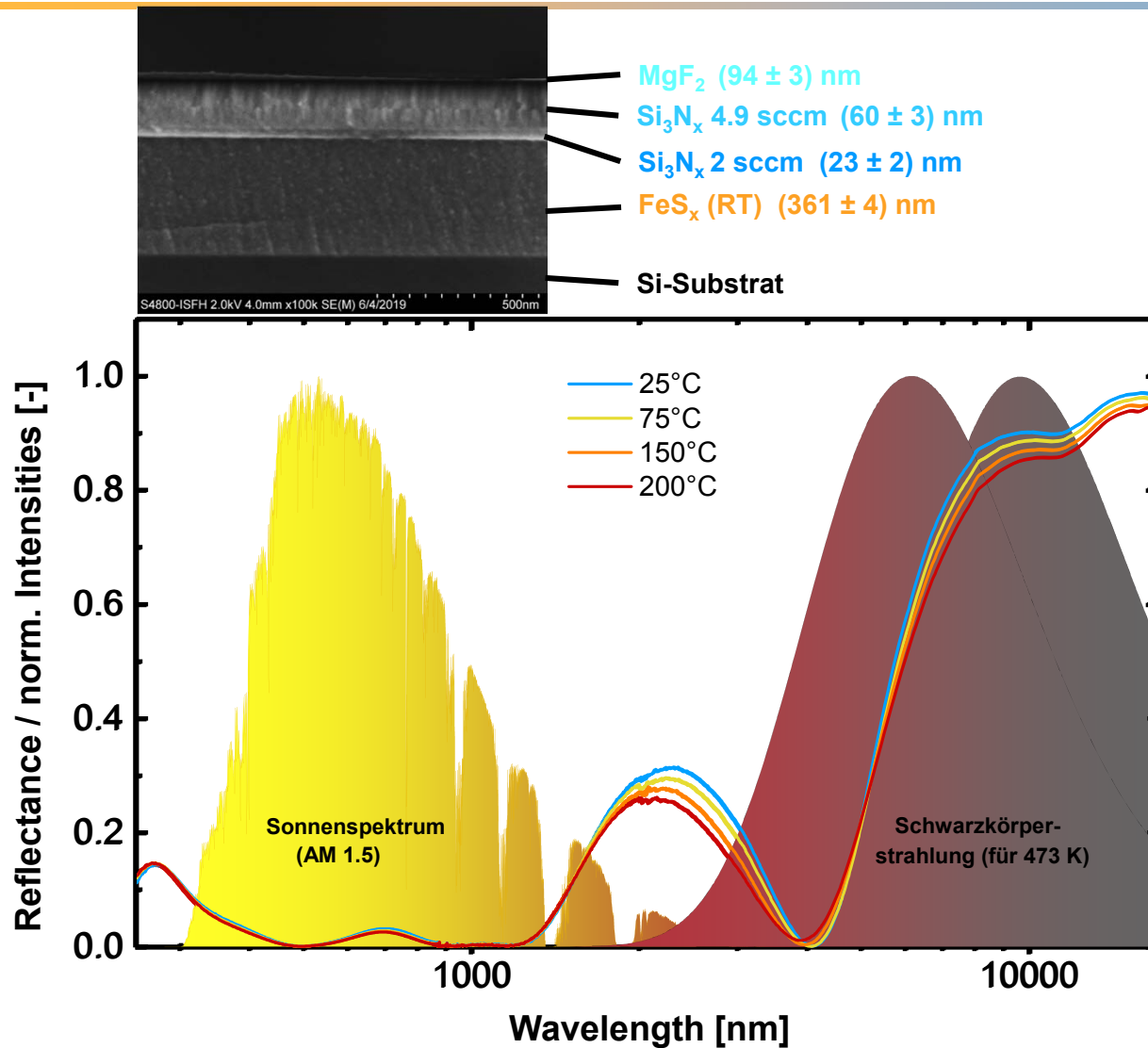
→ Reduktion der Stagnationsdauer um **34 %** mit “Schwarzchrom”,  
um **65 %** mit “Thermochrom” und **94 %** mit “Solarlack” (bei 100 L/Tag)

→ Signifikant reduzierte thermische Belastung

S. Müller, F. Giovannetti, R. Reineke-Koch, O. Kastner, B. Hafner; Solar Energy 188 (2019) 865-874



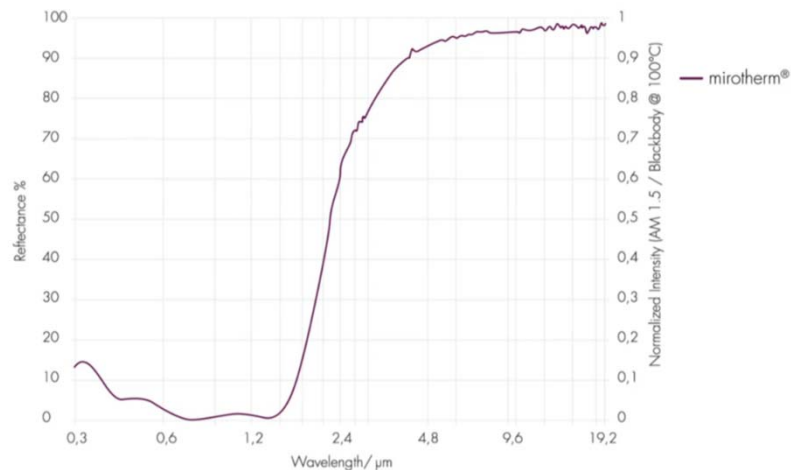
# Thermochromic FeS<sub>x</sub>-absorber



MgF <sub>2</sub> (94 ± 3) nm
Si <sub>3</sub> N <sub>x</sub> (64 ± 3) nm
Si <sub>3</sub> N <sub>x</sub> (20 ± 2) nm
FeS <sub>x</sub> (RT) (260 ± 4) nm
Al (140 ± 4) nm

Result	α [%]	ε [%]
25°C	96.6	10.1
50°C	96.7	12.9
75°C	96.8	15.8
100°C	96.8	18.6
125°C	96.9	21.7
150°C	96.9	24.9
175°C	97.0	28.2
200°C	97.0	31.7
25°C	96.6	10.2

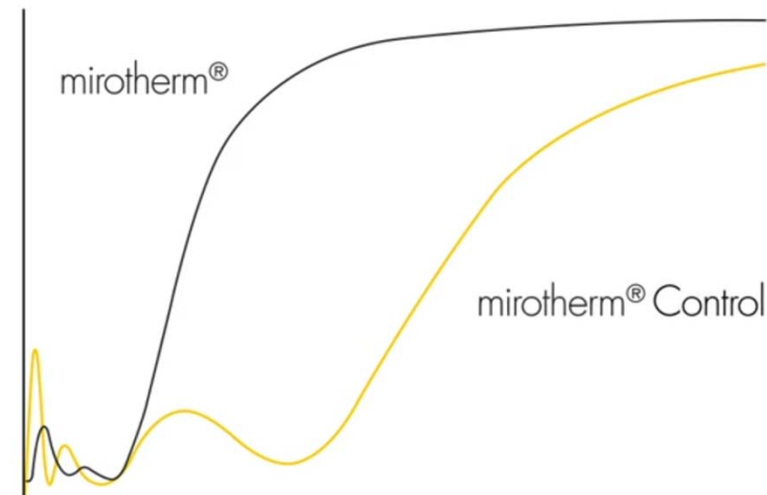
**mirotherm®**  
veröffentlicht **mit** Skalierung



mirotherm® – achieves a solar absorption of 95% and an emission of 5%

[1]

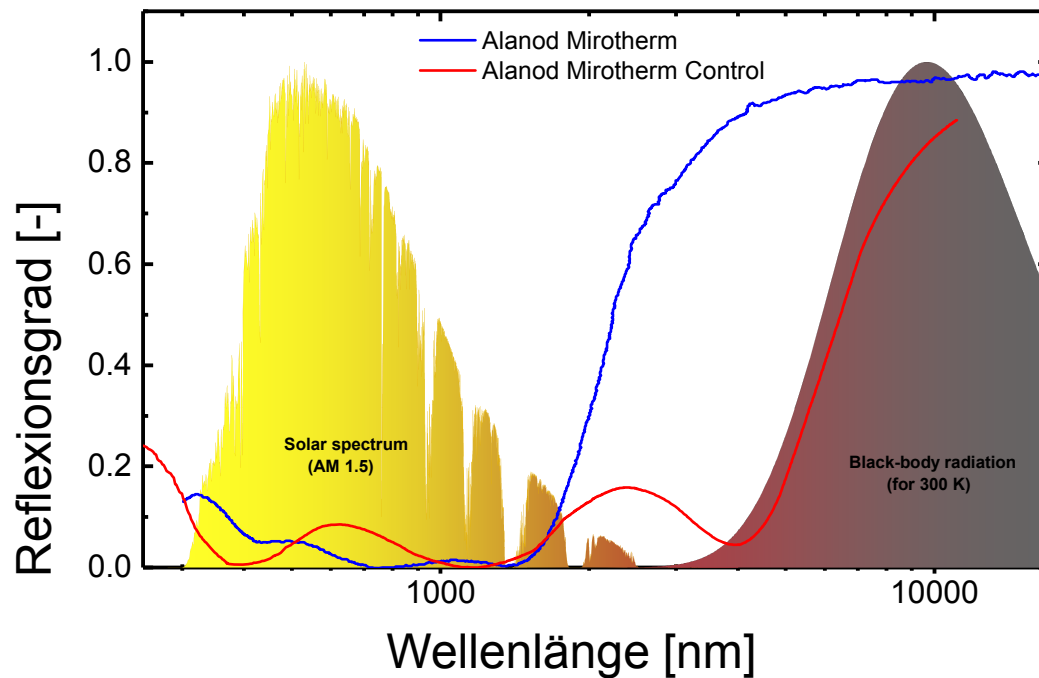
**mirotherm® und mirotherm® Control**  
veröffentlicht **ohne** Skalierung



[1]

[1] <https://alanod.com/de/branchen/solar/>, promotional video, 01.04.2019.

## Rekonstruierter spektraler Reflexionsgrad mirotherm<sup>®</sup> Control:

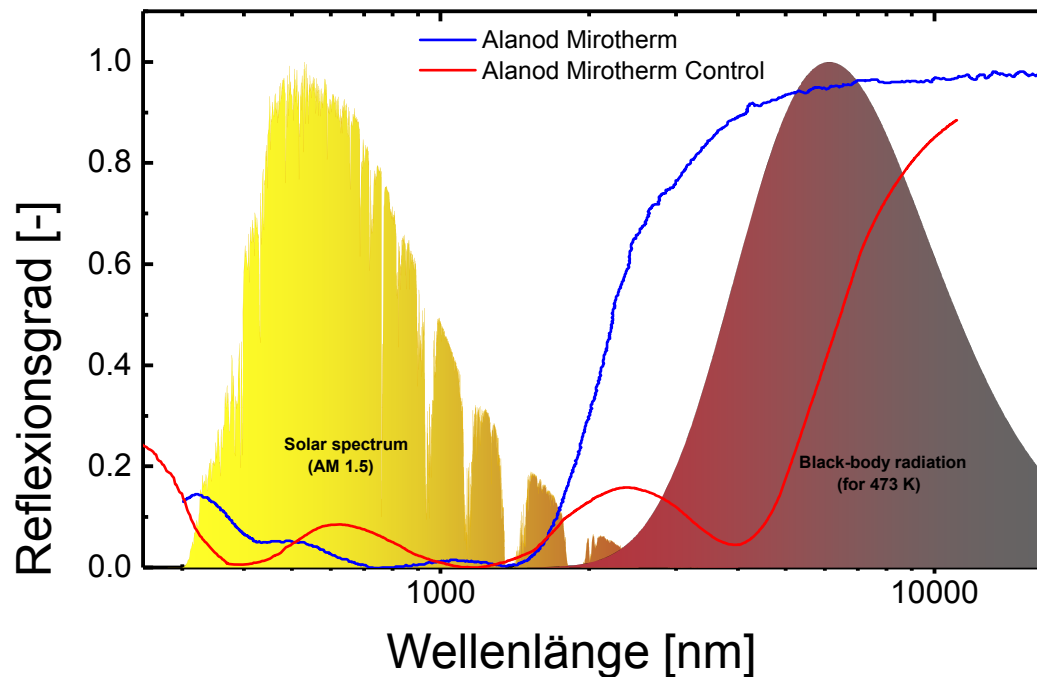


## mirotherm<sup>®</sup> Control:

Result	$\alpha$	$\epsilon$
25°C	95.3	18.2
50°C	95.3	20.4
75°C	95.3	22.8
100°C	95.3	25.3
125°C	95.3	28.0
150°C	95.3	30.7
175°C	95.3	33.4
200°C	95.3	36.1



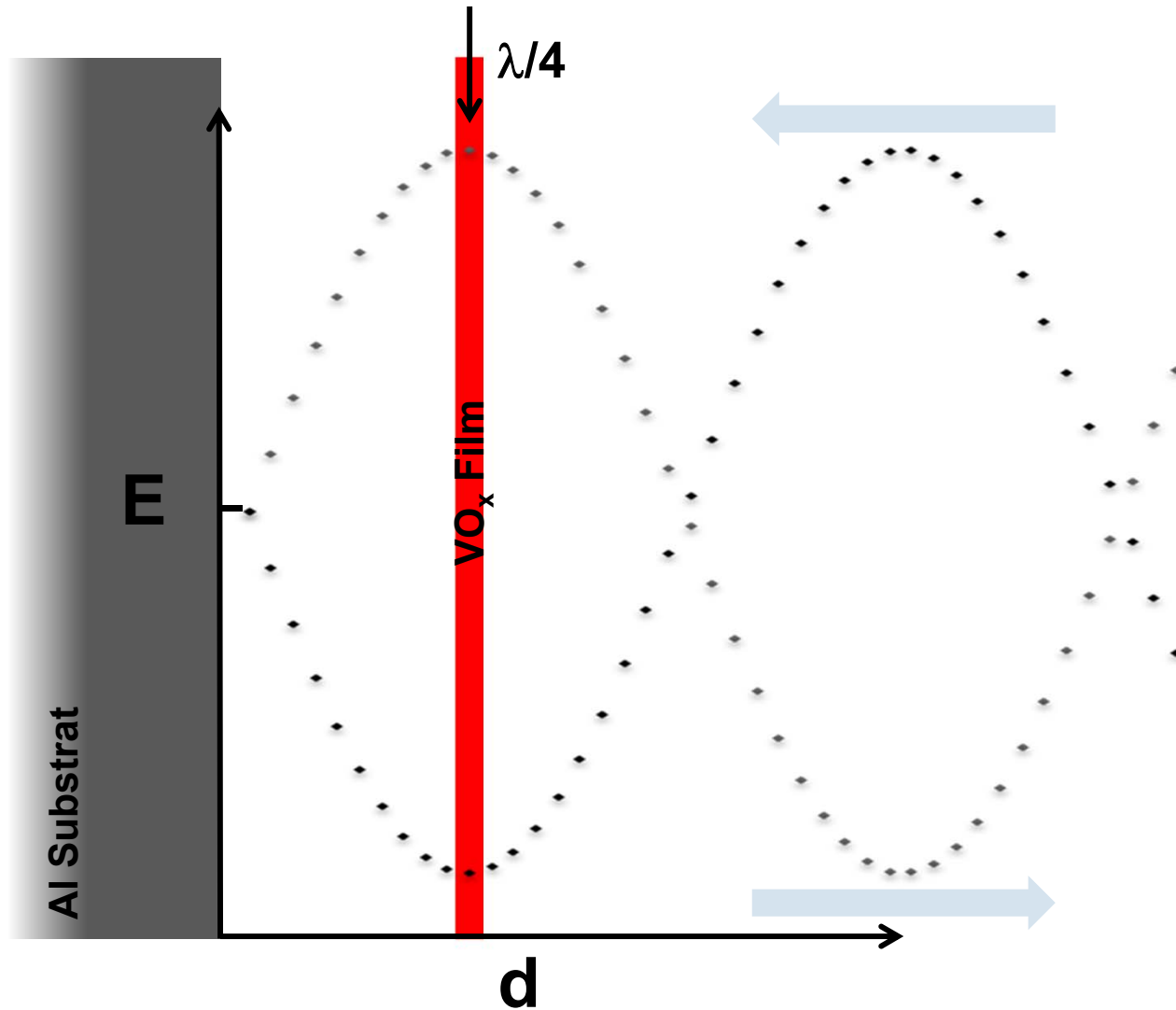
## Rekonstruierter spektraler Reflexionsgrad mirotherm® Control:



## mirotherm® Control:

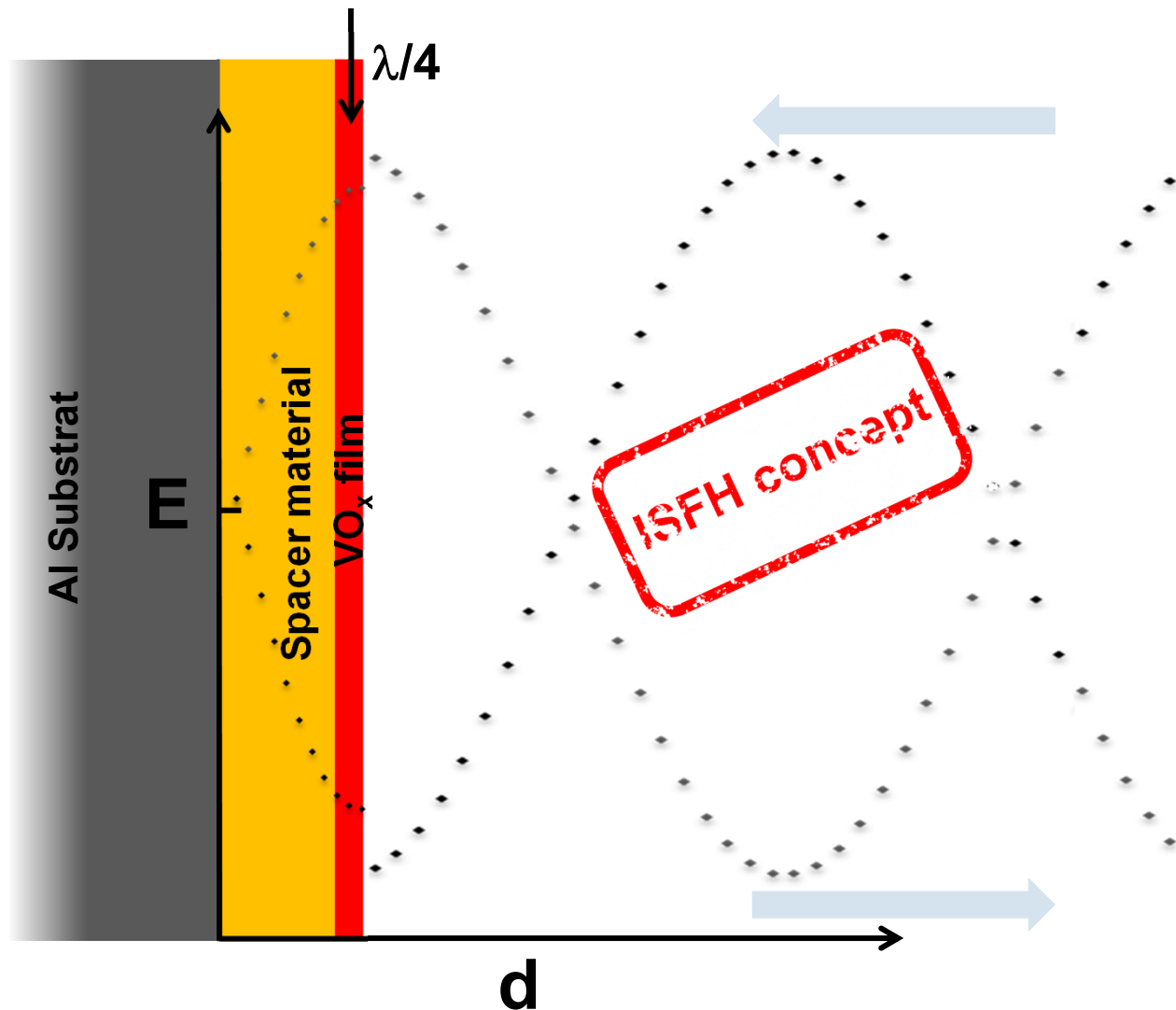
Result	$\alpha$	$\epsilon$
25°C	95.3	18.2
50°C	95.3	20.4
75°C	95.3	22.8
100°C	95.3	25.3
125°C	95.3	28.0
150°C	95.3	30.7
175°C	95.3	33.4
200°C	95.3	36.1

# Das Infrarot- $\lambda/4$ -Konzept



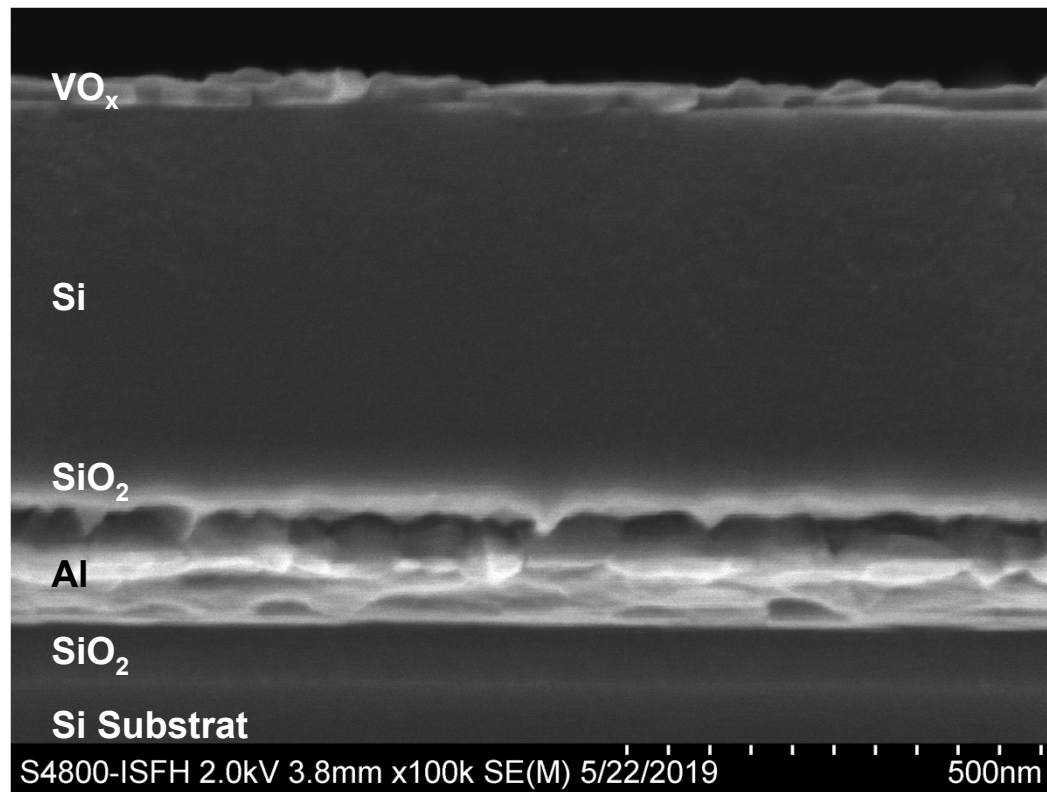
- Metal-Substrat als Infrarot-Spiegel
- Höchste Sensitivität bei Position  $\lambda/4$
- Dünne VO<sub>x</sub> –Schicht mit Thermochromie

# Das Infrarot- $\lambda/4$ -Konzept



- Metal-Substrat als Infrarot-Spiegel
- Höchste Sensitivität bei Position  $\lambda/4$
- Dünne VO<sub>x</sub> –Schicht mit Thermochromie
- Infrarot-transparente Zwischenschicht
- **Patent Offenlegung**





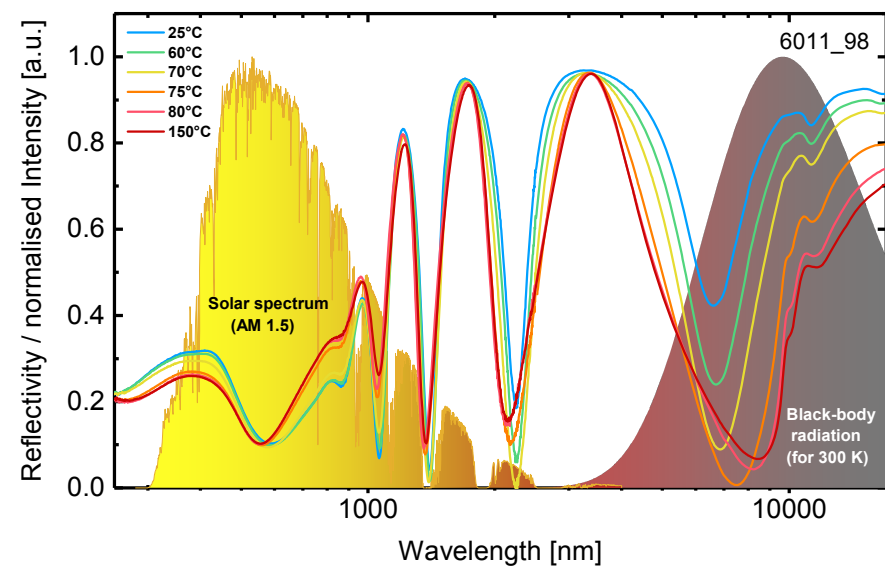
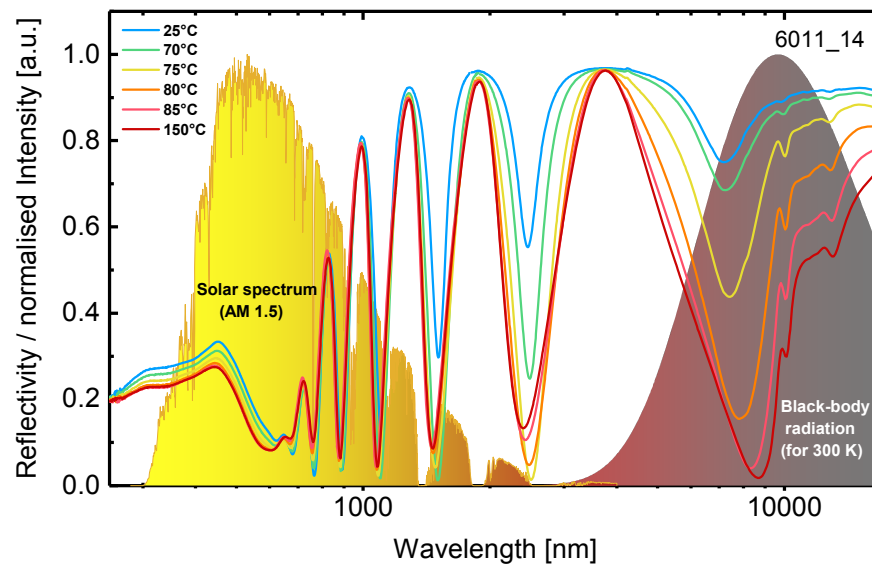
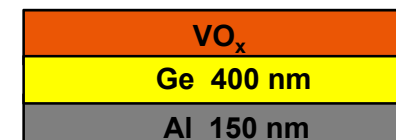
Thermochrome Schicht

$\lambda/4$  Zwischenschicht

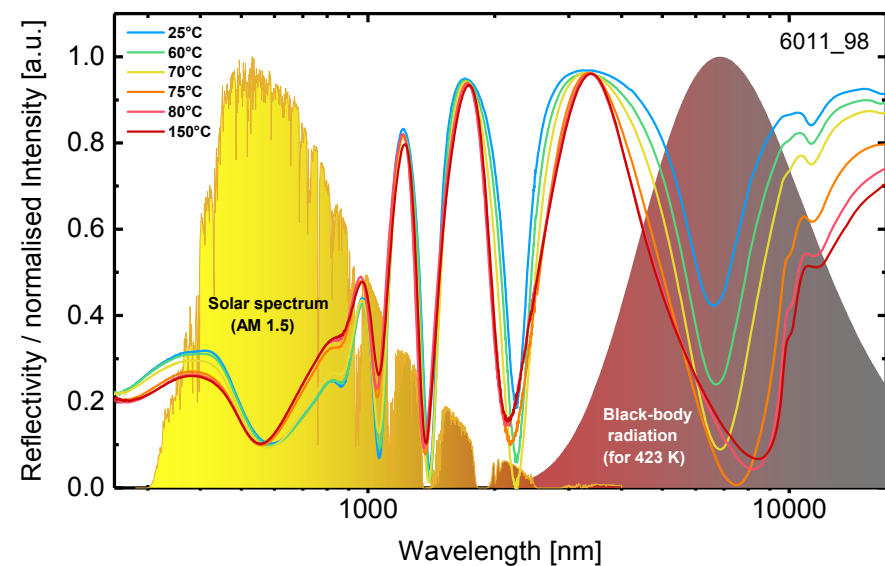
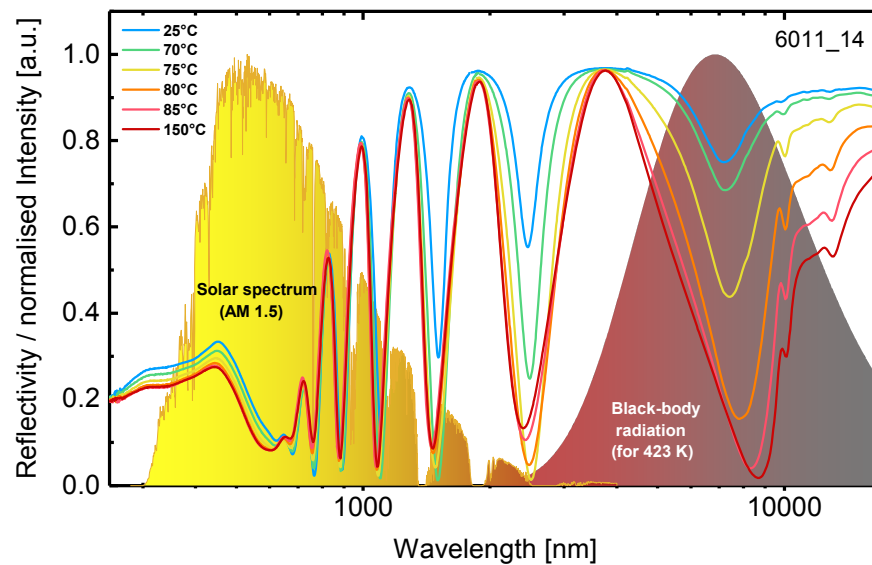
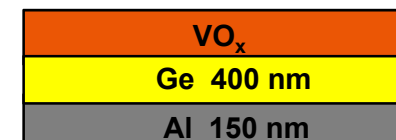
Infrared-Spiegel

Substrat

# Das realisierte Infrarot- $\lambda/4$ -Konzept

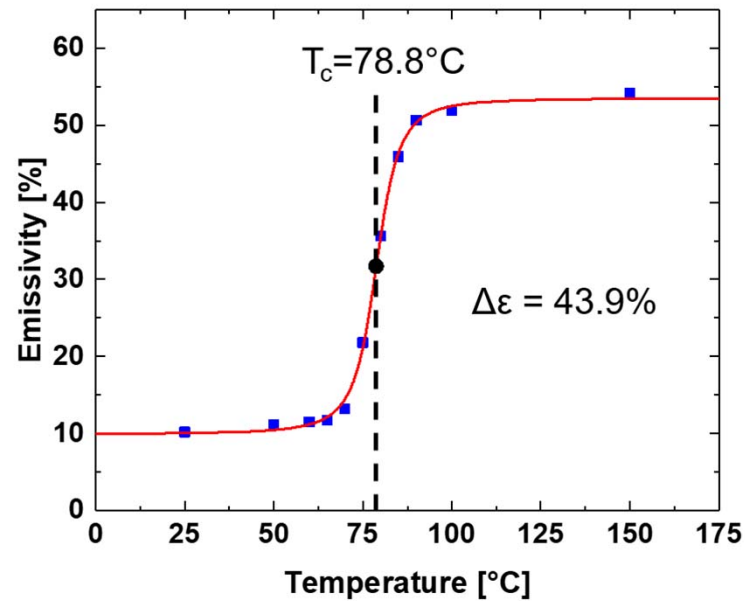


# Das realisierte Infrarot- $\lambda/4$ -Konzept

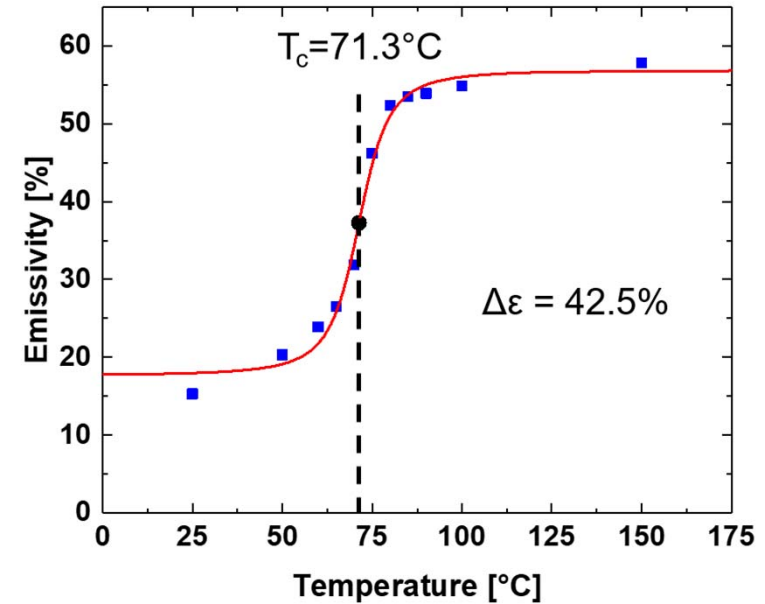


# Temperatur-Abhängigkeit des Emissionsgrades

VO <sub>x</sub>
a-Si 450 nm
Al 150 nm



VO <sub>x</sub>
Ge 400 nm
Al 150 nm



Viessmann reference:  
 $\Delta\varepsilon = 34.5\%$

