

Kostengünstige Solar Systeme mit Heat Pipe - Kollektoren

Bert Schiebler, Federico Giovannetti
Institut für Solarenergieforschung Hameln

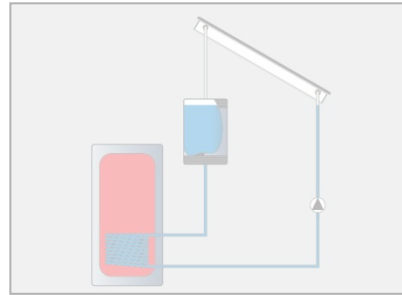
Vermeidung von hohen Temperaturen und Dampf im System

Verschattung



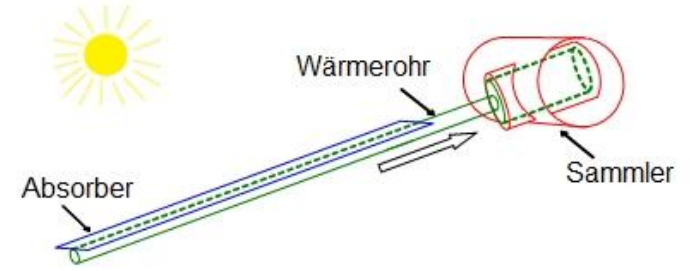
Harrison, S. et al: A review of strategies for the control of high temperature stagnation in solar collectors and systems. Energy Procedia 30 p. 793-804, SHC 2012

Entleerung (Drain Back)

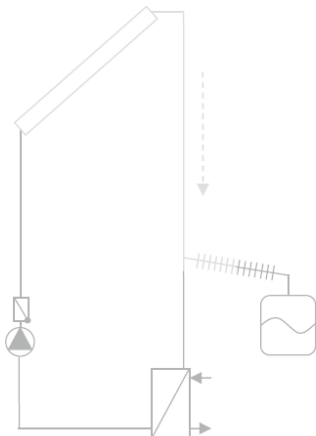


Solar Technologie International GmbH: <https://www.sti-solar.de/images/stipdf/SolBox%20Deutsch.pdf> (28.09.2017)

Heat Pipes

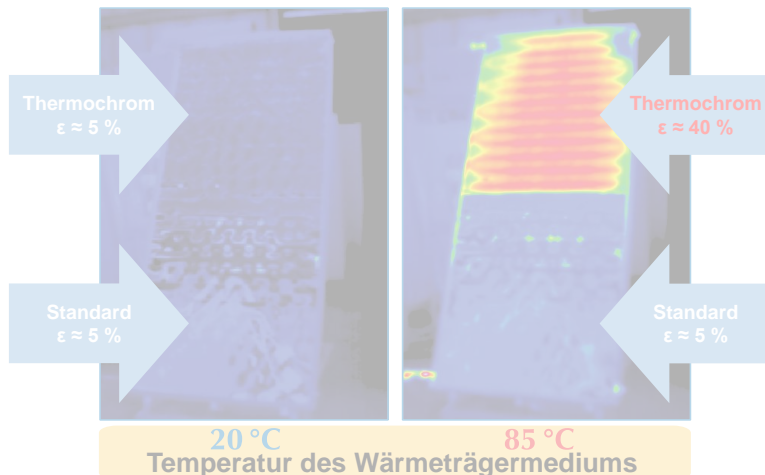


Stagnationskühler



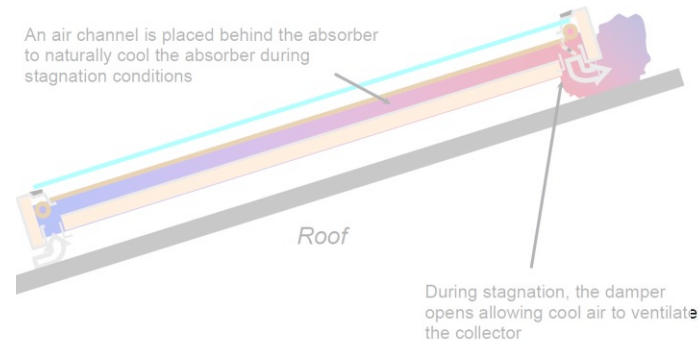
Scheuren, J.: Untersuchung zum Stagnationsverhalten solarthermischer Kollektorfelder. Dissertation, Universität Kassel, Shaker Verlag, 2008

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

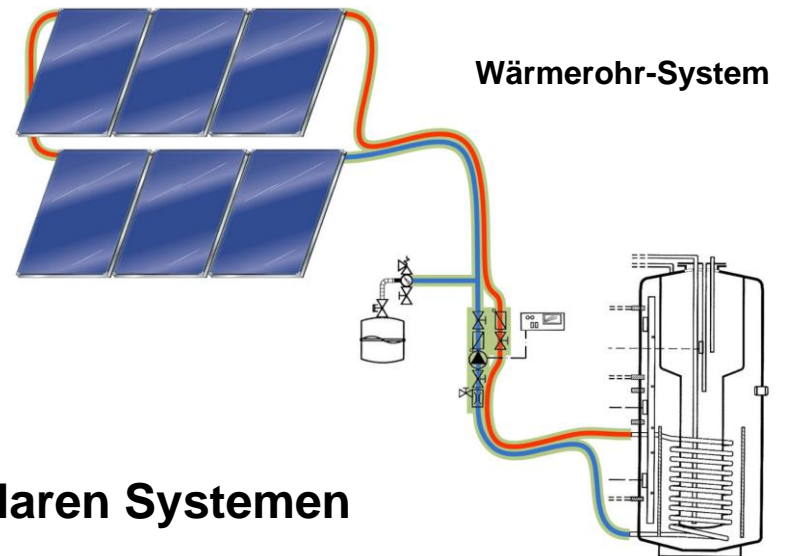
Thermomechanisches Ventil



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

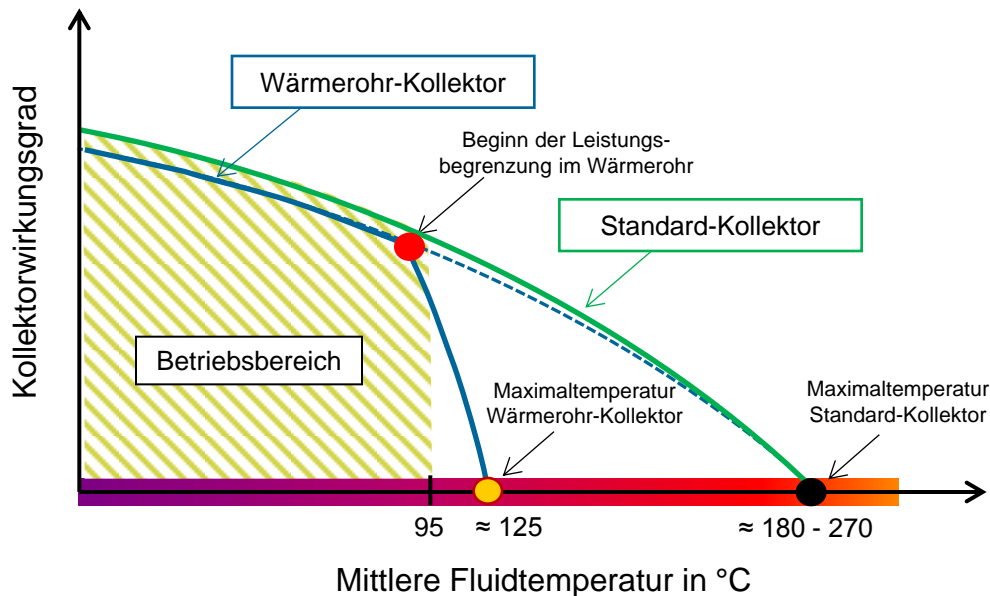
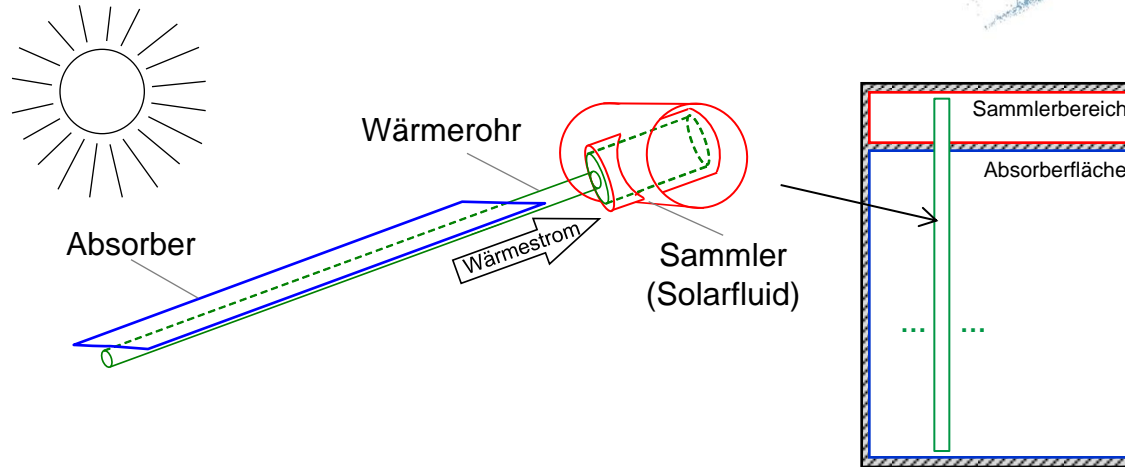
Vermeidung von hohen Temperaturen und Dampf im System

- Erhöhung der Betriebssicherheit
- Günstigere Komponenten
- Einfachere Installation
- Geringerer Wartungsaufwand



➤ **Potential zur Kostenreduktion von solaren Systemen**

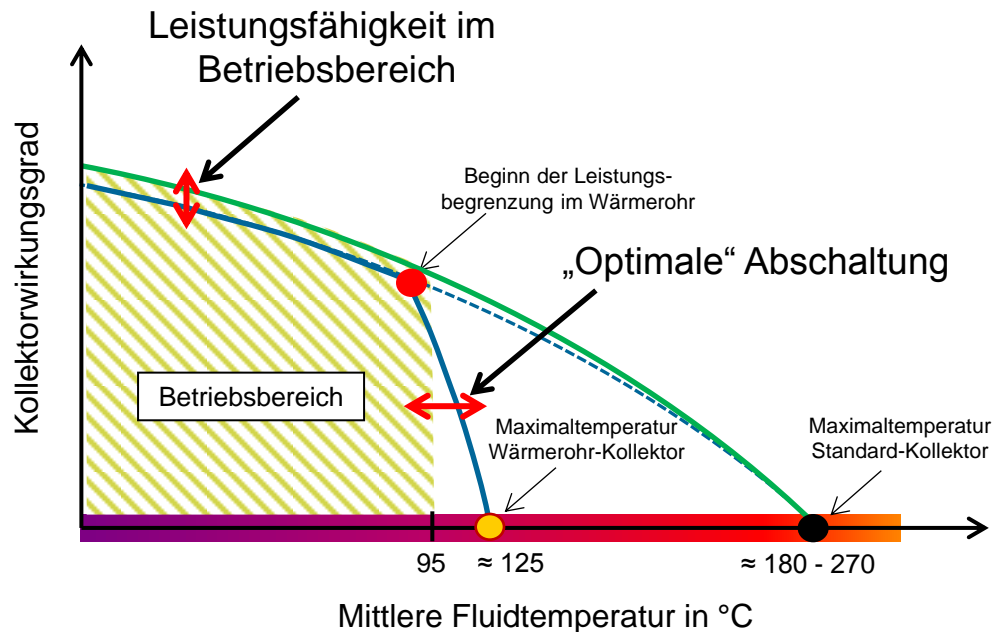
- Prinzip der **Temperaturbegrenzung mit Wärmerohren**
- Umsetzung einer neuartigen **Wärmerohrlösung für Vakuumröhrenkollektoren**
- Systembewertung einer **realen Anlage mit Wärmerohrkollektor**
- Ableitung von **Kostensenkungspotentialen**



- Physikalische Effekte beeinflussen das Wärmetransportvermögen
- Begrenzung der Kollektorleistung und Reduzierung der Stagnationstemperatur

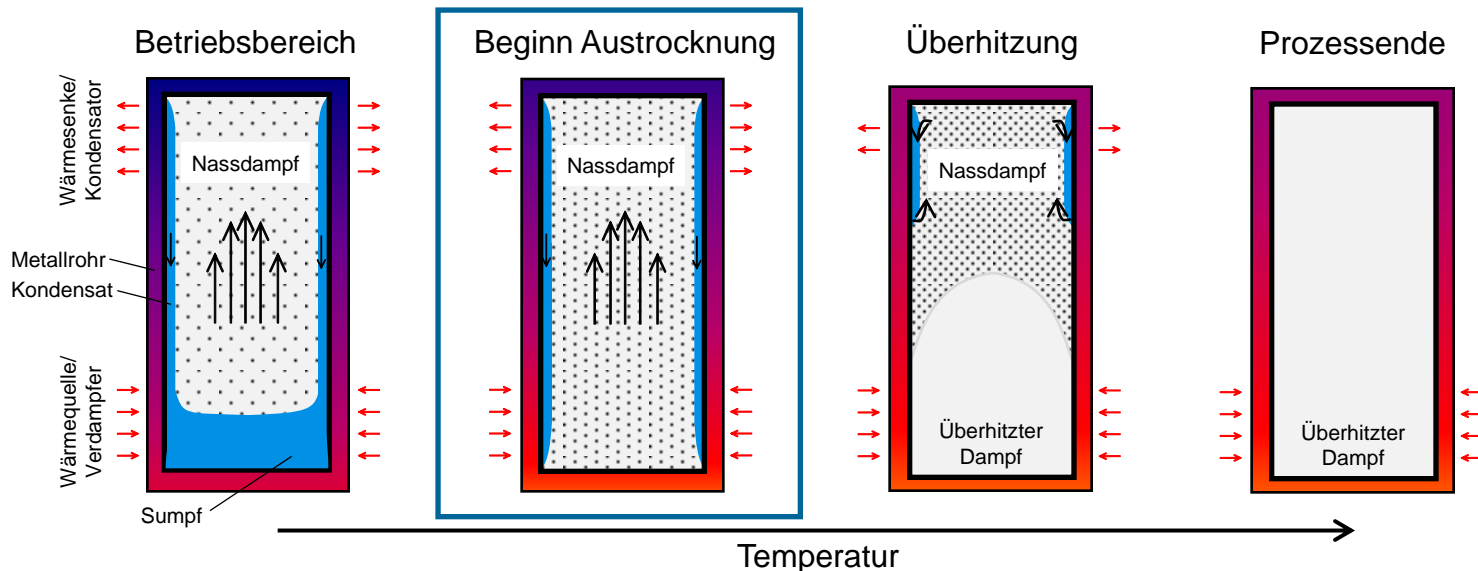
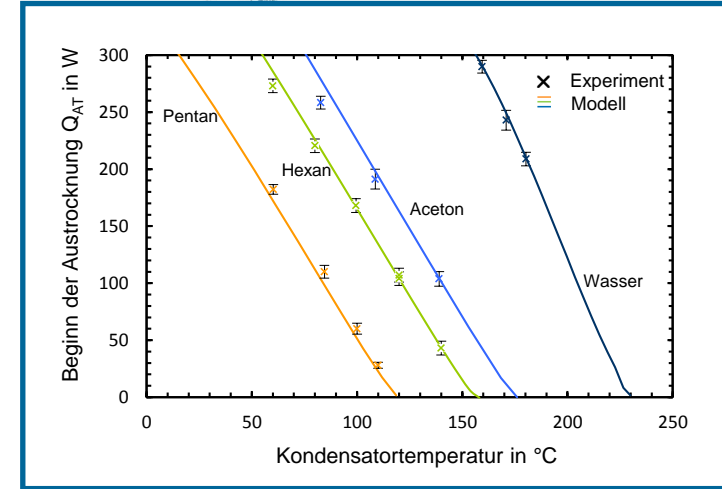
Projektziele:

- Hohe Leistungsfähigkeit im Betriebsbereich
- Abschaltung in einem engen Temperaturbereich



Temperaturbegrenzung mit Wärmerohren

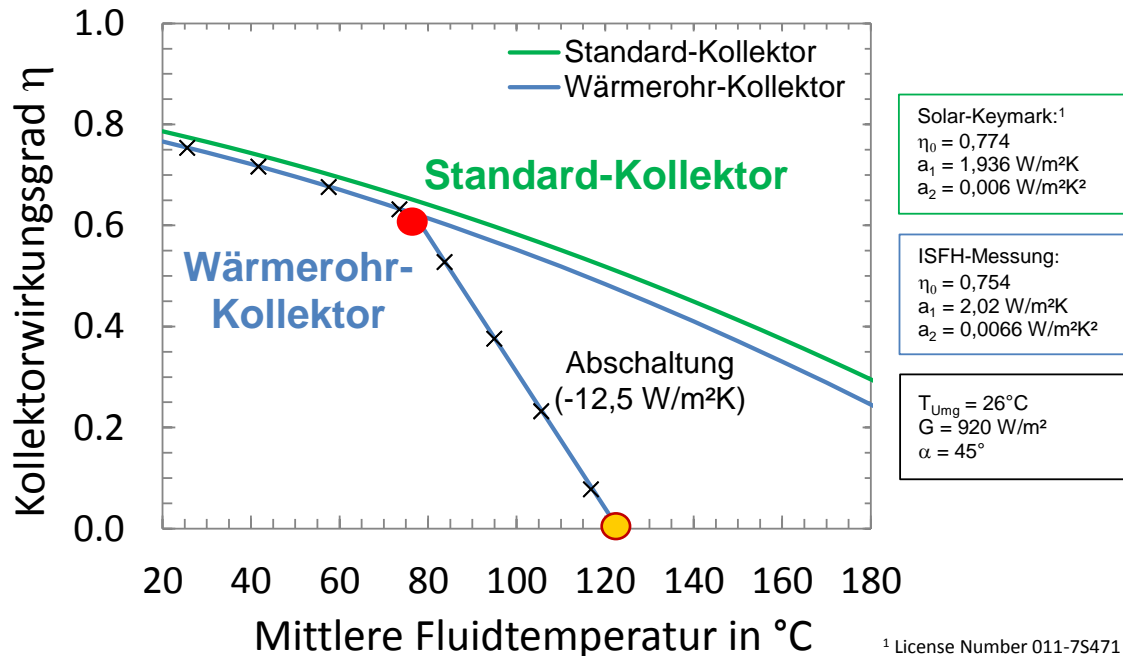
- Bewertung des Wärmerohr-Prozesses
- Entwicklung von Modellen
- Auslegung von Solar-Wärmerohren zur **Temperaturbegrenzung in FK und VRK**



Neuartige VRK-Lösung



- VRK-Prototyp mit Pentan-Wärmerohren
- Konversionsfaktor von 75 %
- **Stagnationstemperatur von 125 °C**

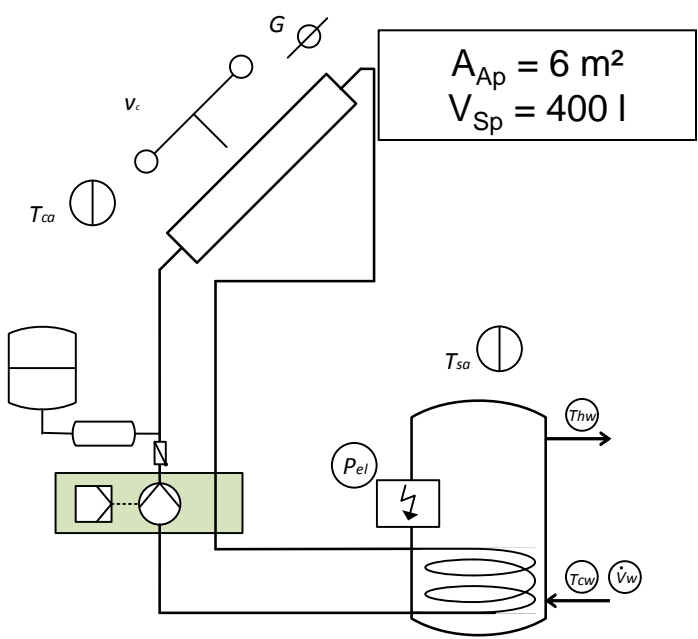
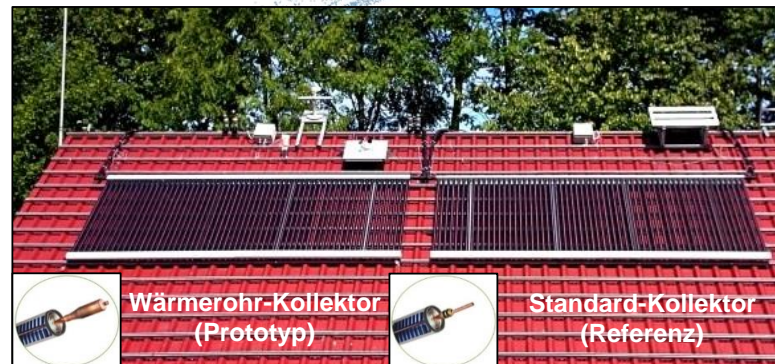


➤ Schaltung des linearen Verlustkoeffizienten von 2,0 auf 12,5 W/m²K

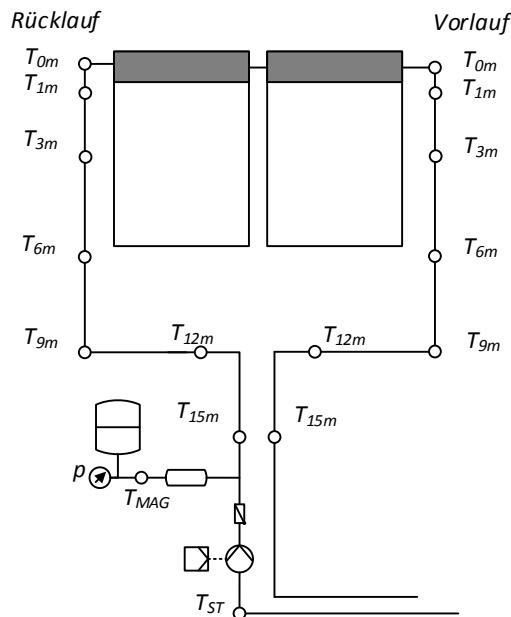
¹ License Number 011-7S471 R

Aufbau Systemteststand

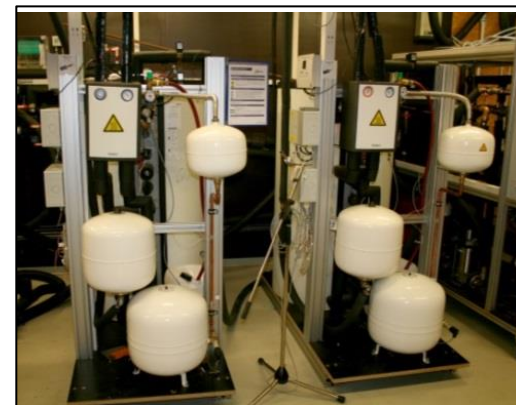
- Prüfaufbau mit zwei identischen TWW-Anlagen
- Dynamische Systemtests nach ISO 9459-5
- Temperaturmessung im Solarkreis
- **Bewertung im Parallelbetrieb**



G	Globalstrahlung	T _{ca}	Temp. in Kollektorumgebung
P _{el}	Nachheizleistung	T _{st}	Temp. in Speicherumgebung
V̇ _w	Volumenstrom	T _{cw}	Temp. Speichereintritt
v _c	Windgeschwindigkeit	T _{hw}	Temp. Speicheraustritt



T _{im}	Temp. Solarrohr (Vor- und Rücklauf)
T _{MAG}	Temp. Membranausdehnungsgefäß
T _{ST}	Temp. Solarstation
p	Systemüberdruck

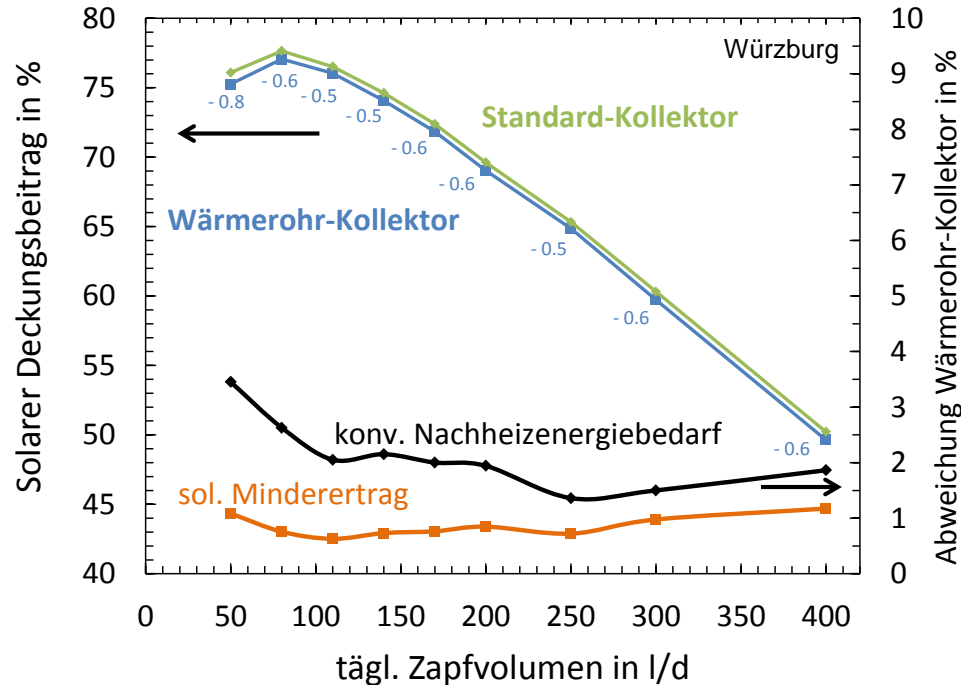


Systemleistung nach DST



Solarer Deckungsbeitrag:

$$f_{sol} = \frac{Q_{sol}}{Q_{DHW}}$$



Standard - Kollektor:
 $\eta_0 = 0,774$
 $a_1 = 1,936 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $a_2 = 0,006 \text{ W/m}^2\text{K}^2$

Wärmerohr - Kollektor:
 $\eta_0 = 0,754$
 $a_1 = 2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $a_2 = 0,0066 \text{ W/m}^2\text{K}^2$

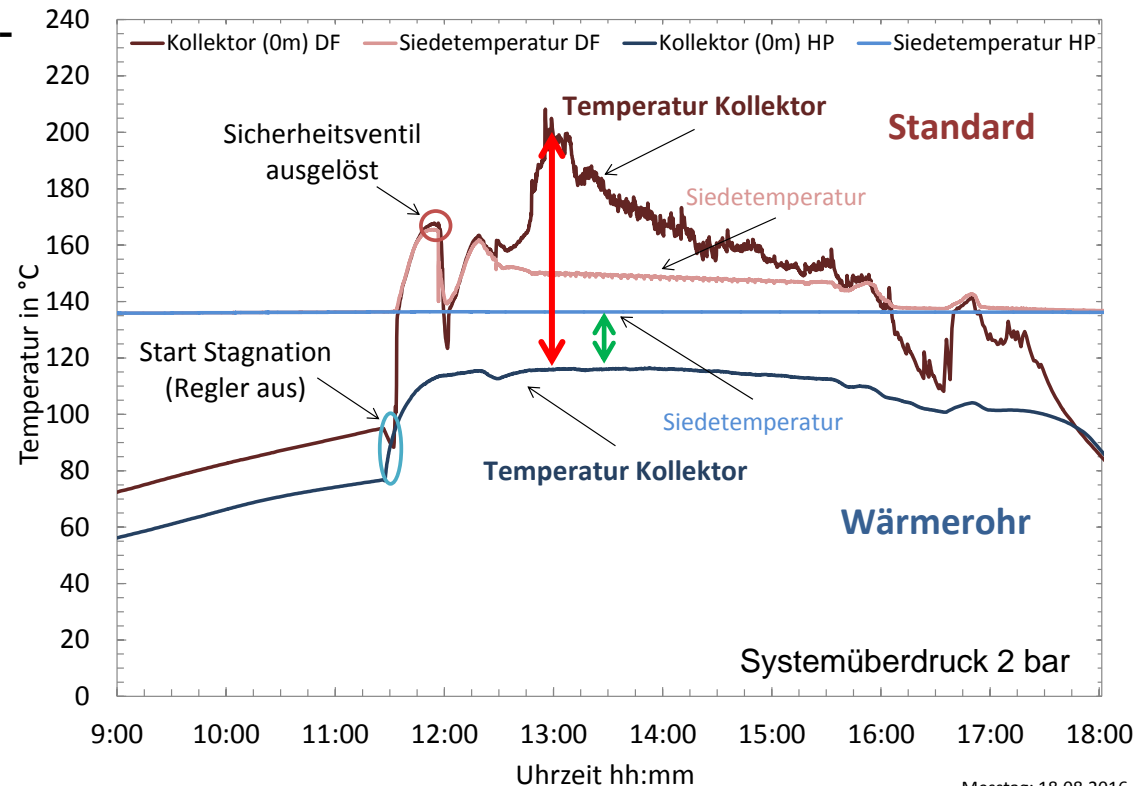
Systemparameter:
 $A_{Ap} = 6,1 \text{ m}^2, 45^\circ, \text{ Süd}$
 $V_{Sp} = 400 \text{ l}, P_{Heiz} = 6 \text{ kW}$
 $T_{Zapf} = 45^\circ\text{C}$
 Klimadaten: Meteonorm 7
 Variables Zapfvolumen

Abweichung Wärmerohr-Kollektor:

- Geringerer Deckungsanteil: 0,5 ... 0,6 %-Punkte
- Solarer Minderertrag: 0,6 ... 1,2 %
- Mehrbedarf an Nachheizenergie: 1,5 ... 3,5 %

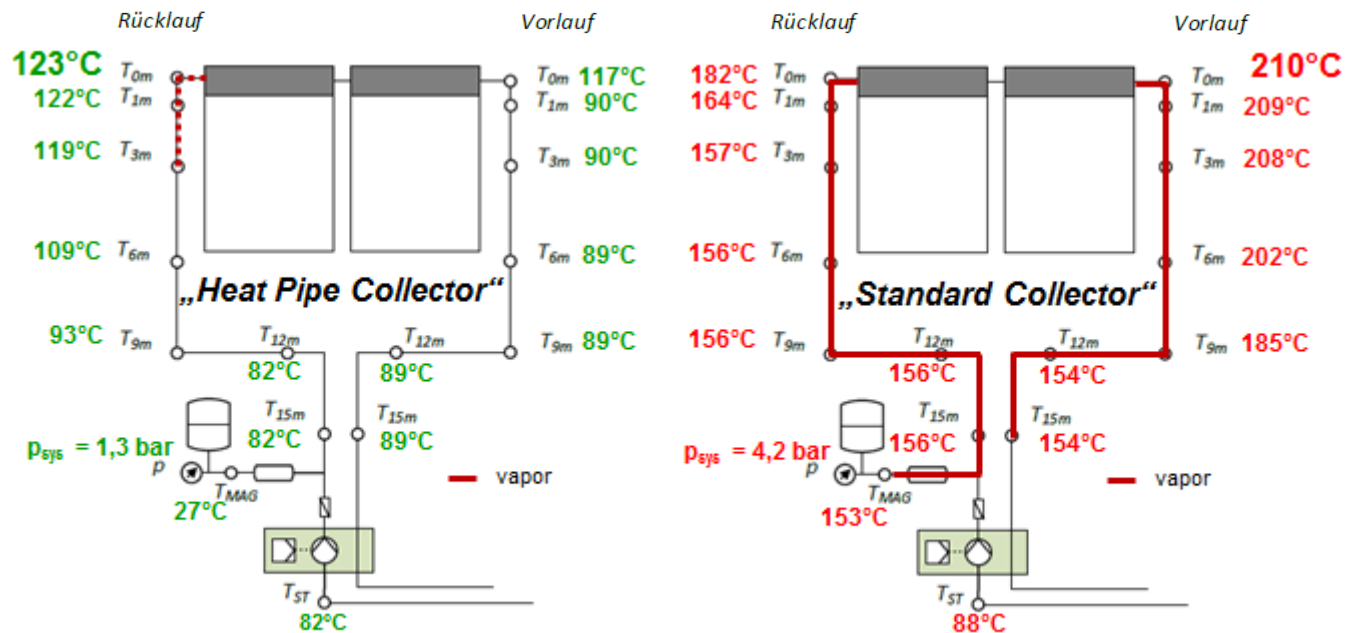
➤ Nahezu gleiche Leistungsfähigkeit beider Systeme

- Maximalbelastung bei Mittagsstagnation* im Parallelbetrieb
(*Deaktivierung der Solarpumpe bei voller Einstrahlung)
 - Reduzierung der Temperaturbelastung um ca. 90 K
 - Siedetemperatur im System WR-Kollektor nicht erreicht
- **Keine Verdampfung**



Maximale Stagnationsbelastung ISFH

- Stagnation bei niedrigem Anlagendruck ($p_{\text{Ü,Sys}} = 1 \text{ bar}$)
- **Standard: Dampf im gesamten Solarkreis**
- **Wärmerohr: Dampfreichweite beträgt nur wenige Meter**



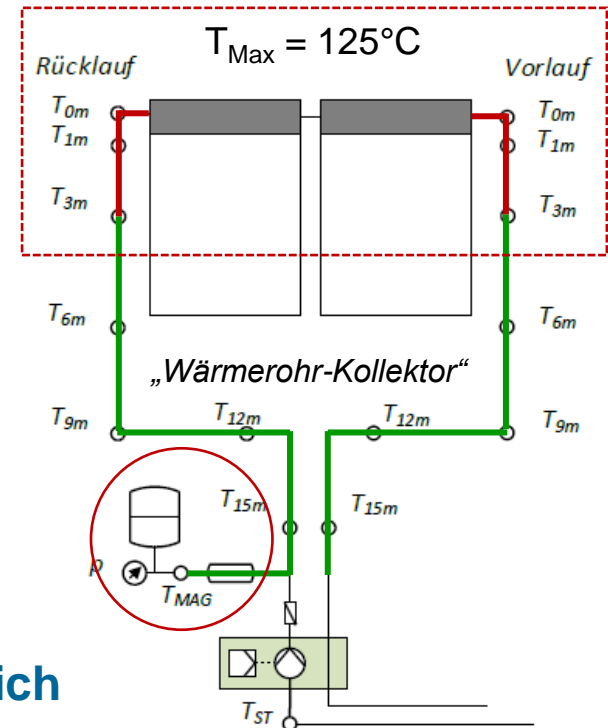
test sequence 24/08/2016

Mögliche Systemkostenreduktion

Kein Dampf und Temperaturen $> 100\text{ °C}$ nur in Kollektornähe!

- Günstigere Komponenten 8 – 10 %
(z.B. MAG, Vorschaltgefäß, Verrohrung)
- Einfachere Installation 8 – 10 %
(z.B. Nachentlüften nicht erforderlich)
- Geringerer Wartungsaufwand 55 – 65 %
(z.B. *reduz. Alterung Solarkreisfluid*)

- Senkung der Gesamtkosten um 20 – 30 % möglich
- Für FK-Anlage nach IEA TASK 54 – Bedingungen 27 – 35 %



- Effizienz von VRK mit Wärmerohren in realer Anlage bestätigt
⇒ **Abweichung zum Standardsystem vernachlässigbar**
- Deutliche Reduzierung der Stagnationsbelastung im System
⇒ **Maximaltemperatur von 125 °C statt 220 °C**
- Hohe Temperaturen & Dampf können erfolgreich vermieden werden
⇒ **Reduzierung der Gesamtkosten um 20 – 30 %**

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Projekt- und Umsetzungspartner:



finanzielle Förderung und Projektbegleitung:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 0325550 A-C

