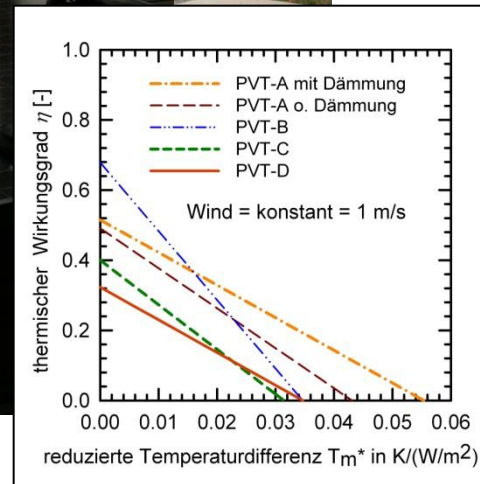




Marktübersicht und Untersuchungen an PVT-Kollektoren

E. Bertram



1. Aufbau PVT-Kollektoren
2. Marktübersicht PVT-Kollektoren
3. Messungen
 - Zuverlässigkeit
 - Leistungsfähigkeit
4. Thermischer Kontakt U_{int}

Unverglaster Photovoltaisch thermischer (PVT) Kollektor



Glasabdeckung

PV Zellen

Rohrregister

Strom

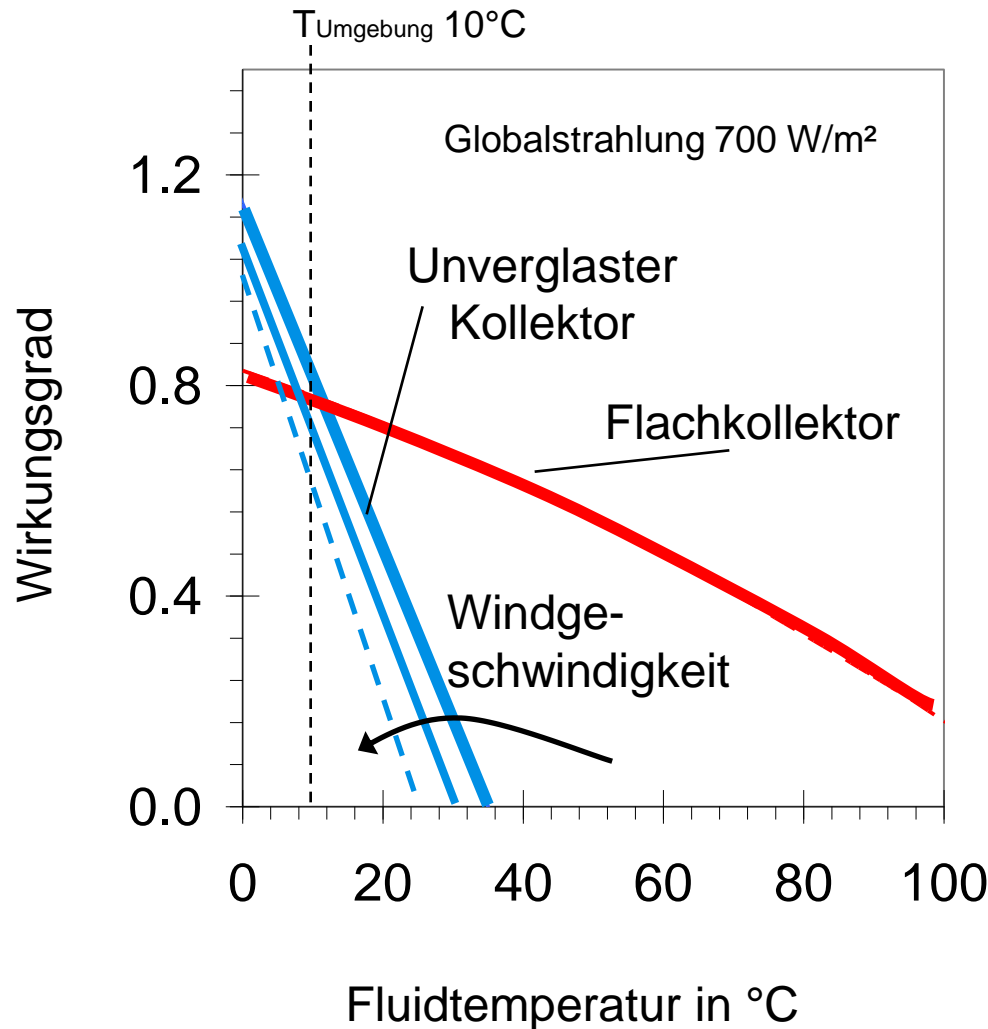
Wärme

Projektgegenstand

- Flüssigkeitsgekühlt
- Unverglast / Unabgedeckt = kein Luftspalt zwischen Glasabdeckung und PV-Zelle



Kennlinie Unverglaster thermischer Kollektor



Einige PVT-Hersteller*)



Eurosun2010 (D)	
GEFGA (D) = Verbundpartner	gefga.de
Holtkamp Solar Energy Systems (D)	solar-energy-systems.eu
MilleniumSolar (IL)	millenniumsolar.com
ÖkoTech (A)	ecotec-energy.com
Skysolar (D)	umweltchemie.org
Solarhybrid = Solarpur (D)	solarhybrid.ag
Solarzentrum Allgäu (D)	sza-pv.de
ZEN (ehem. PVTwins) (BE)	zenrenewables.com

*) Flüssigkeitsgekühlte unverglaste PVT-Kollektoren
und ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

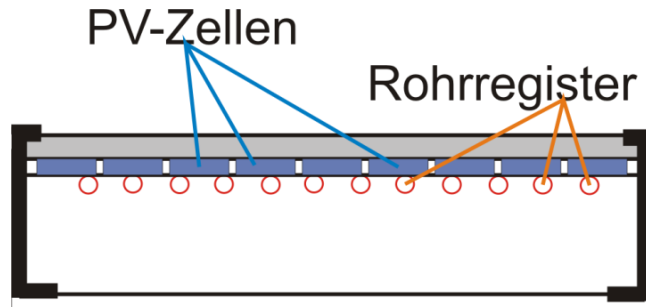
Zusätzlich zu Verbundpartner GEFGA

- 2008 Projektbeginn: 2 Hersteller lieferfähig
- 2008 Projektbeginn: 1 Hersteller lieferwillig
- Bis 2010: Teilnahme von 3 zusätzliche Herstellern
- Teilnahmebedingung: Anonymisierung

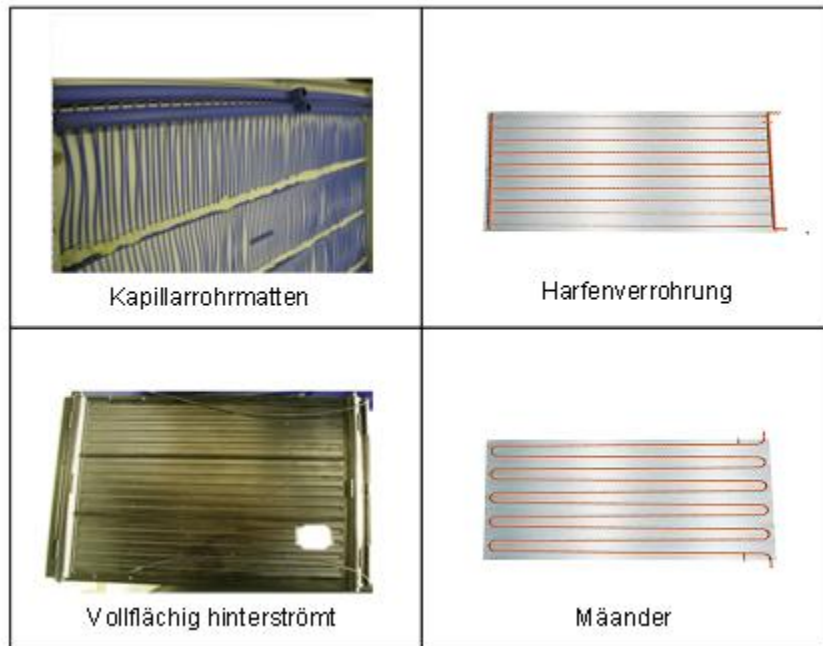
Einige weitere Quellen von Herstellern:

- Internationalen Energie Agentur IEA SHC Task 35:
Overview PVT-Products, (<http://www.iea-shc.org/publications/task.aspx?Task=35>)
- Studie Zeitschrift „Erneuerbare Energien 2006-02“
- Sonne Wind und Wärme 8-2010 „Mit der Abwärme von Solarzellen Heizen“

Konstruktiver Aufbau PVT-Kollektor



- Keine integrierte Fertigung
- PV-Modul mit Rohrregister
 - vollflächig hinterströmt
 - Kapillarrohrmatte
 - Mäanderverrohrung oder Harfenverrohrung mit Metallstreifen oder Blech
 -
- Mit und ohne Rückseitendämmung



Untersuchungen an PVT-Kollektoren



Prüfverfahren

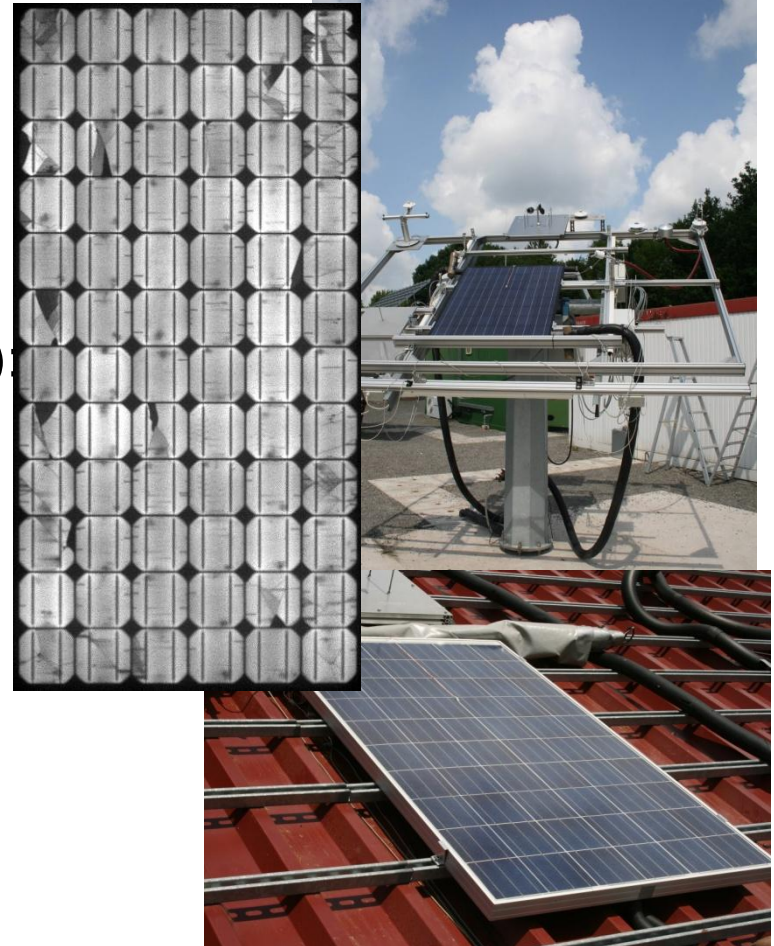
- El. und th. Leistungsmessung
- Elektrolumineszenz
- Sichtkontrolle

Belastungstests (IEC 61215 + EN 12975)

- Sog- und Druckprüfung
- Alterungstests Klimakammer
- Thermische Belastung:
Ausheizen, Schocks
- Exposition

Weitere Messungen

- Stagnationstemperaturen
- Druckverlust



Zuverlässigkeit von 4 getesteten Modulen



Untersuchung	Ergebnis
Sog- und Druckprüfung	3 ✓ ✓ ✓ 1 ✗
Alterungstests Klimakammer	✓ ✓ ✓
Thermische Belastung	✓ ✓ ✓
Exposition	✓ ✓ ✓
Druckverlust	150 bis 1 mbar (bei 50 l/(m ² h))
Elektrische Leistungsmessungen	✓ Entspricht Herstellerangaben

- Zuverlässigkeit bleibt K.O. Kriterium!



	PVT-X	PVT-X gedämmt	PVT-Y	PVT-Z
Stagnationstemperatur gemessen in °C	63	73	59	59
Stagnationstemperatur berechnet (1000 W/m ² , T _{umg} 30°C) in °C	68	78	65	64

- Gemessene Stagnationstemperaturen ohne elektrische Leistungsabnahme (OC)

Messung Thermischer Leistungsfähigkeit



Wirkungsgrad η für unverglaste thermische Kollektoren
nach EN 12975-2

- Mehr Einflussgrößen
 - 1 zus. Kollektorparameter
 - Höhere Empfindlichkeit
- = aufwändigere Messung als
verglaster Kollektor

$$\eta = \eta_0 \cdot (1 - b_u \cdot u) - (b_1 - b_2 \cdot u) \frac{(t_m - t_a)}{G''}$$

Windgeschwindigkeit

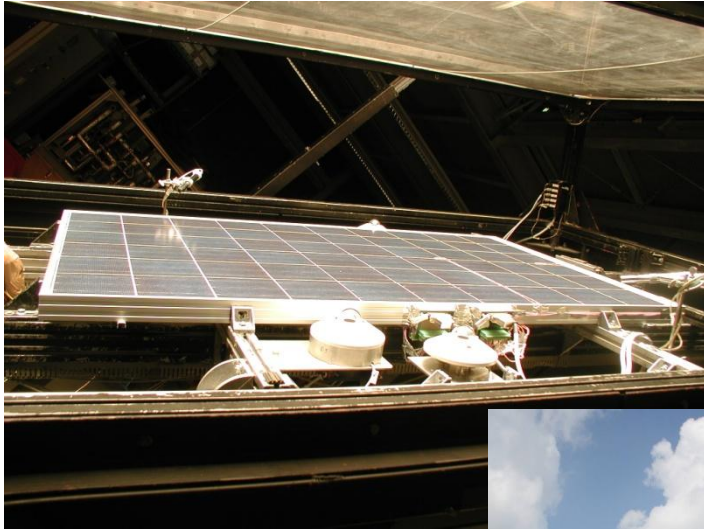
Temperaturen:
Kollektorfluid, Umgebung

Netto-Einstrahlung:
Globalstrahlung - Infrarotstrahlungsbilanz

G''

○ Kollektorparameter

Messung indoor – outdoor



2008

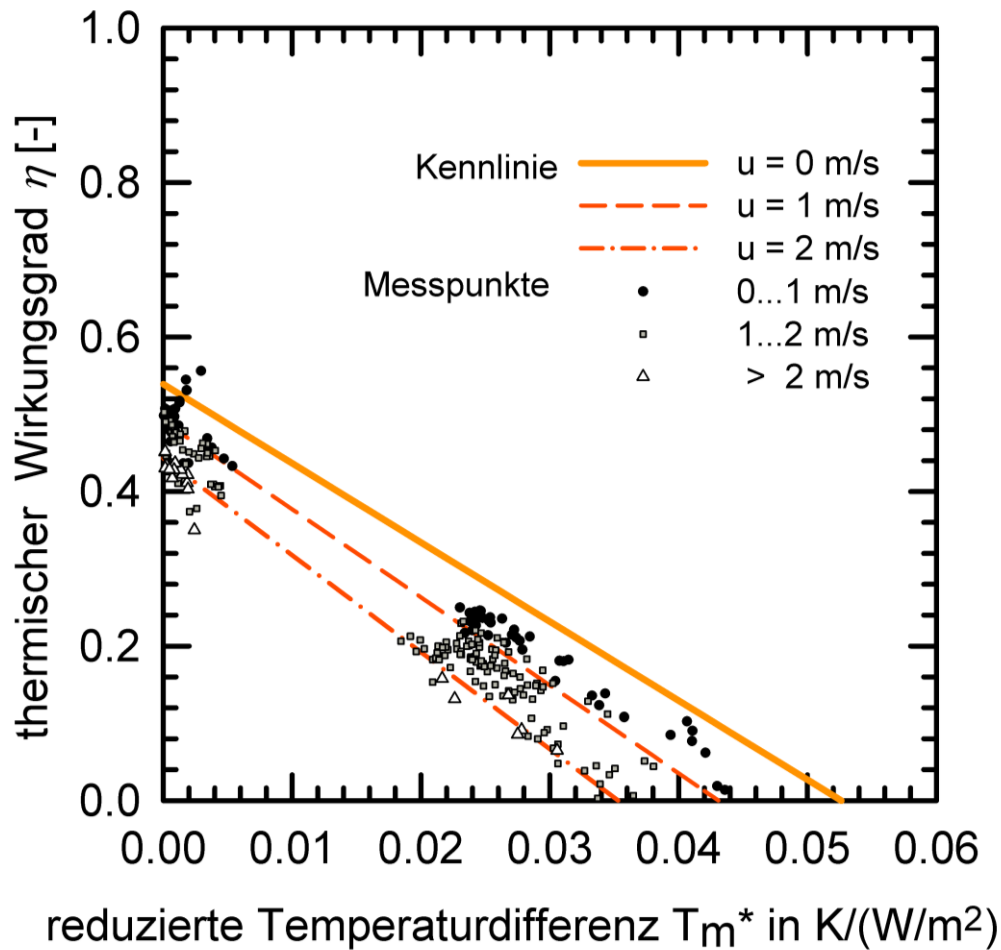
Indoor-Messung zur
Vorbereitung und
Qualitätskontrolle für
die Pilotanlage

2009

Outdoor-Messungen

Beispiel

Wirkungsgradmessung

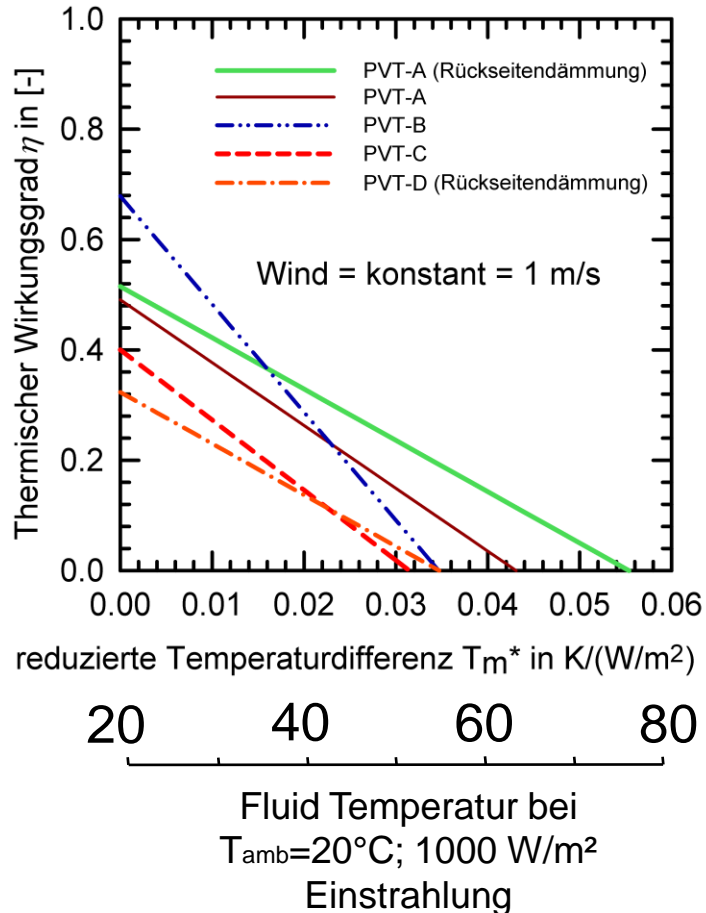


- Starke Windabhängigkeit
- Nur Outdoor-Messungen sinnvoll
- Indoor-Ergebnisse nicht übertragbar

Thermische Leistungsmessungen an 5 PVT-Kollektoren

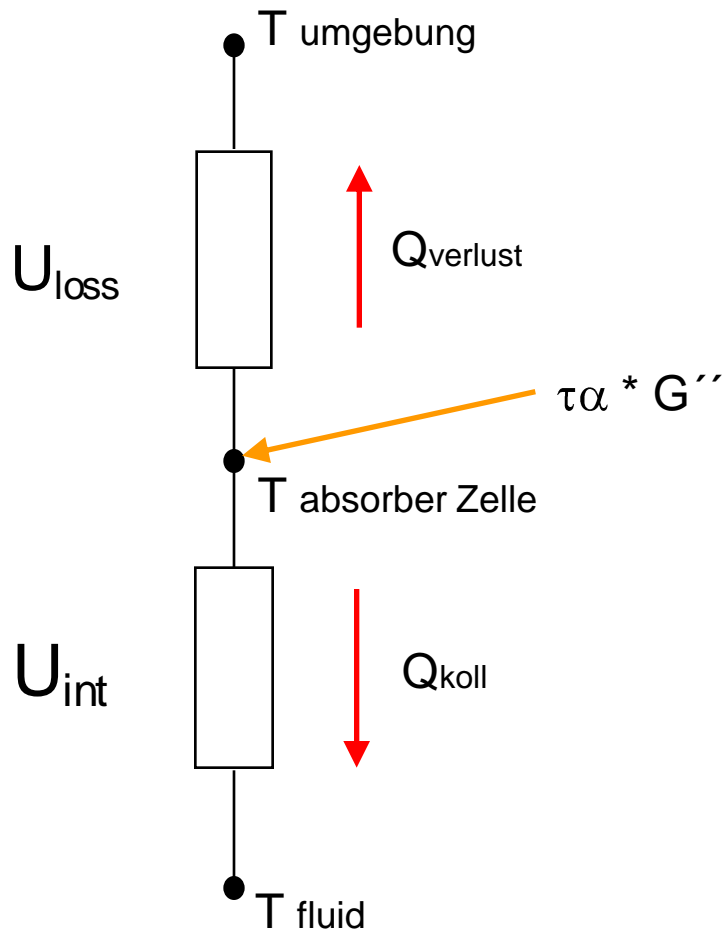


Messung ohne elektrische Leistungsabnahme



- Große Leistungsunterschiede zwischen PVT-Kollektoren
- Rückseitendämmung führt zu flacheren Kennlinien

Thermisches 2-Knoten-Kollektor- Modell

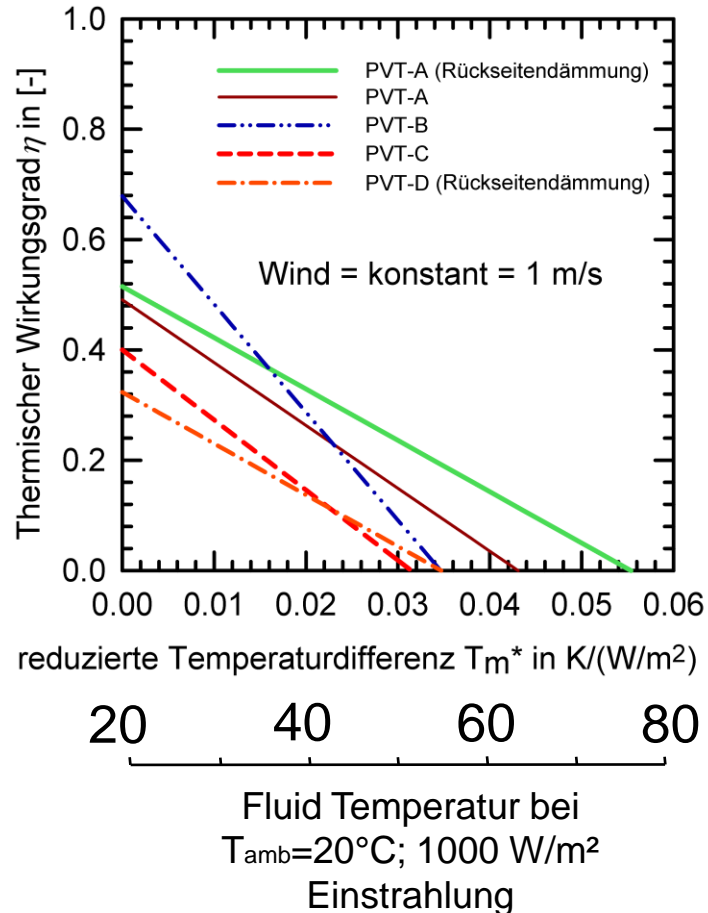


$$\eta_0 \cong F' \cdot (\tau\alpha)$$

$$\eta_0 \cong \frac{U_{\text{int}}}{U_{\text{int}} + U_{\text{loss}}} \cdot (\tau\alpha)$$

- Aus thermischer Leistungsmessung η_0 von 0.33 ... 0.78
- Interner thermischer Leitwert ($U_{\text{loss}} = \text{konstant}$):
 $U_{\text{int}} = 12 \dots 80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Messung ohne elektrische Leistungsabnahme an 5 Kollektoren



- η_0 durch F' dominiert
 - Thermische Leistungsfähigkeit
 - PV-Kühlfähigkeit
- η_0 erlaubt überschlägigen Vergleich
- Genaue Bewertung im System mit dynamischen Simulationen

- Trotz massiver Werbung sind unverglaste PVT Kollektoren schwer erhältlich
- Auf dem Markt sind PV-Module mit zusätzlichem Wärmetauscher zur Kühlung - Keine integrierten Lösungen
- Thermische Leistungsfähigkeit stark unterschiedlich ($\eta_0 = 0.33 \dots 0.67$), bei ähnlichem ($\tau\alpha$)
- Interner thermischer Leitwert U_{int} Indikator für Kühlfähigkeit des PVT
- Prüfung der Zuverlässigkeit ist essentiell

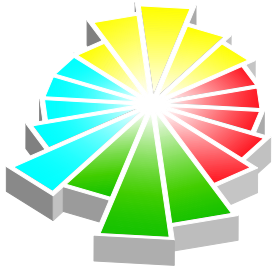
Danksagung



Das Verbundvorhaben

“Solare Gebäude-Wärmeversorgung mit unverglasten photovoltaisch-thermischen Kollektoren, Erdsonden und Wärmepumpen für 100% Deckungsanteil“ -Kurzname BiSolar-WP. Förderkennzeichen: 0325952

wird mit Mitteln des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Projektpartner bedanken sich für die Unterstützung.



SOLAR + HEAT PUMP



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Verbundpartner



Gesellschaft zur Entwicklung
und Förderung von
Geothermen Anlagen mbH

Institut für Solarenergieforschung Hameln

