

Unverglaste PVT- Kollektoren in Erdsonden gekoppelten Wärmepumpensystemen

Zusammenfassung

Gunter Rockendorf

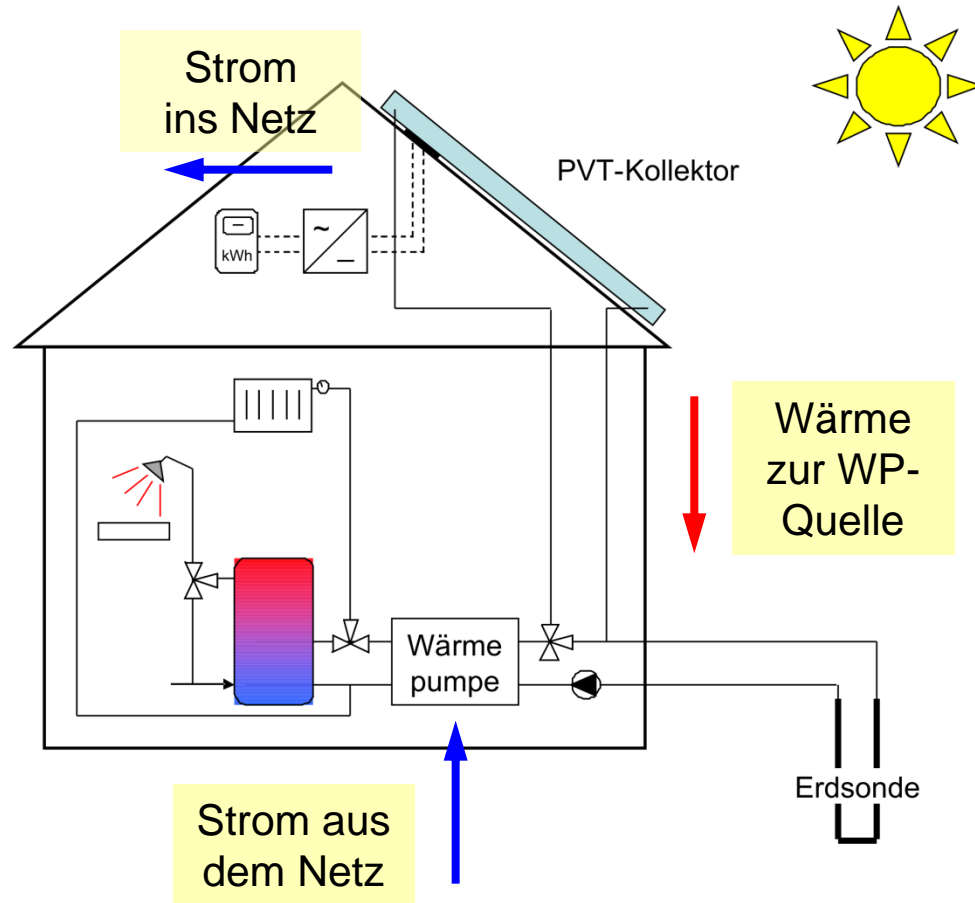
Systemtechnikprojekt mit neuem Komponententyp im Fokus

- Einsatz von unverglasten photovoltaisch-thermischen Modulen auf der Quellenseite einer Wärmepumpe
 - Welcher photovoltaische Mehrertrag kann erwartet werden, von welchen Parametern hängt dieser ab?
 - Welche Effizienzsteigerung ist an der Wärmepumpe zu erwarten?

- unverglaste PVT- Kollektoren geprüft
 - Leistung und Gebrauchstauglichkeit
 - mit solarthermischen und PV-Prüfmethoden
 - deutliche Unterschiede in Qualität und Leistung: **Verbesserungsbedarf!**
- wenige Produkte vorhanden, keine integrierten PVT-Kollektoren
- PVT-Kollektormodell für TRNSYS entwickelt und validiert
 - unverglaste PVT-Module
 - mit Berücksichtigung von Wind, IR-Strahlung, Kondensation
 - basierend auf Typenschilddaten

- Planung und Realisierung einer Pilotanlage, Betrieb seit Winter 2008/2009
 - deutlich höherer Wärmebedarf als geplant
 - dadurch ausgeglichene Bilanz nicht erreicht
- Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt
- Anlagen- Monitoring und Analyse
 - umfassende und vollständige Anlagenvermessung
 - Analyse und TRNSYS-Modellvalidierung (Quelle) erlaubt Bewertung von PVT- Effekt

- Anlagensimulationen mit validiertem TRNSYS-Modell
 - Extrapolationen anhand von Referenzsystemen
- Dimensionierung und Optimierung
 - von Erdsonden-Länge und PVT-Fläche
 - für ausgeglichene Jahresbilanz
- Anlagenoptimierung und Bewertung
 - Kollektoroptimierung
 - Einbausituation und lokales Klima



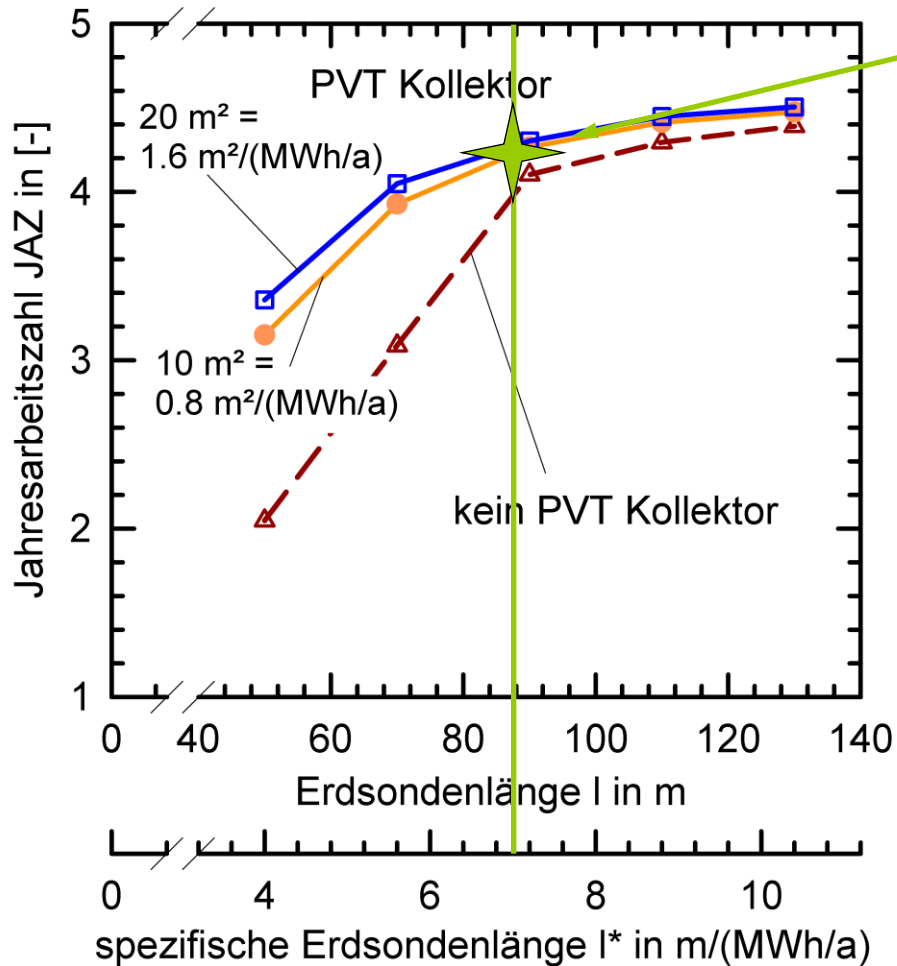
- gekühlte PV steigert den Stromertrag
unsere Schätzung: 5-10%
→ Messung: 4%
- Niedertemperaturwärme kann in Wärmepumpe genutzt werden: Einsparung WP-Strom
unsere Schätzung: 5-10%
→ Messung: 10%
- bilanzieller Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch:
hier leichter möglich
→ und leicht kontrollierbar (integral)

Systemstudie zeigt: Mehrertrag hängt ab von

- Kollektorbauart
- Mikroklima:
 - wenig ΔPV an windstarkem Standort bei freier Aufständering
 - deutlich mehr an windschwachem Standort mit Warmdachmontage: hier sind 10% Mehrertrag möglich
 - jedoch: bei weitem keine 30% !!
gemessen in der Pilotanlage: ca. 4%

- Systemstudie zeigt:
 - ΔJAZ hängt ab von ES-Länge, Kollektorfläche und Last
 - bei mittlerer Erdsondenlänge: ca. 3-7% Stromeinsparung
- solarthermische Regeneration und winterliche Unterstützung
 - machen Erdsonden-Wärmepumpensysteme sicherer und leichter planbar
 - keine Langzeiteffekte
- Einsparung gemessen in der Pilotanlage: ca. 10%

Planungsvorteile durch Regeneration



Faustformel Auslegung der Quelle
Kollektorfläche $0,8 \dots 1,6 \text{ m}^2/(\text{MWh/a})$
Erdsondenlänge $7 \text{ m}/(\text{MWh/a})$

- Einfluss von Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs und Wärmebedarf sind um 2/3 abgeschwächt
- kein Problem bei Sondenfeldern: Sondenabstände können hier geringer sein
- Langzeiteffekte nicht vorhanden

Was darf es kosten?



Überschlägige ökonomische Bewertung anhand Pilotanlage

a) Vergleich gegen „keine Regeneration“

• Jährlicher Gewinn durch PVT	6 €/m²a	43 €/(kW a)
PV- Mehrertrag (4%)	2 €/m ² a	13 €/(kW a)
WP Einsparung (10%)	4 €/m ² a	30 €/(kW a)
• Max. zusätzliche Investitionskosten ¹⁾	100 €/m²	700 €/kW
Kosten Systemintegration	50 €/m ²	350 €/kW
→ PVT Kollektor (Wärmetauscher)	50 €/m²	350 €/kW

Annahmen:

- Basis: 40 m² PVT, WP- Verbrauch 8600 kWh, PV- Ertrag ohne Kühlung 1 MWh/kW
- Strompreis Verbrauch (WP) 18 ct/kWh, Einspeisung (PV, EEG) 33 ct/kWh
- 0.14 m²/kW für PV

¹⁾ statische Amortisation: 17 Jahre

Was darf es kosten?



Überschlägige ökonomische Bewertung anhand Pilotanlage b) Vergleich gegen „solare Regeneration mit Absorber“

• Jährlicher Gewinn durch PVT	2 €/m²a
PV- Mehrertrag (4%)	2 €/m ² a
• Max. zusätzliche Investitionskosten ¹⁾	20 €/m²
Kosten Systemintegration	50 €/m ²
→ PVT Kollektor (Wärmetauscher)	50 €/m²
abzügl. eingespartes Absorberfeld	-80 €/m ²

¹⁾ statische Amortisation: 10 Jahre

Was darf es kosten?



- wenig Produkte verfügbar
- aktueller Produktmehrpriis: ca. 100 .. 200 Euro/m²
- bei Modulmehrpriis von 50 Euro/m²: wirtschaftlich vertretbar

- Kostenreduktionspotential bei integrierter PVT- Fertigung?
- PV-Mehrertrag bei windarmer Montage u. Warmdach höher

Systempaket Einfamilienhaus

- Wärmebedarf von 12,5 MWh/a:
erfordert 3,1 MWh Strom (bei JAZ = 4,0)
- Flächenbedarf für Sonnenwärme:
Faustformel für PVT-Fläche (WP-Quelle):
 $12,5 \text{ MWh} * (0,8 - 1,6 \text{ m}^2/\text{MWh}) = 10 - 20 \text{ m}^2$
- Ausgeglichene Elektroenergiebilanz:
bei 1 MWh/a pro kW PV- Leistung
und 7 m² pro kW: 22 m²
- Verfügbare Dachfläche: kann größer sein

Leichte Überdimensionierung der PVT- Fläche

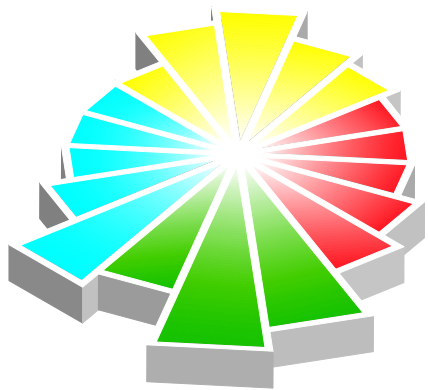
Anwendung zudem denkbar in folgenden Fällen



- Große Erdsondenfelder mit solarer Regeneration
- Niedertemperaturanwendungen
z. B. Schwimmbadwassererwärmung u.a.
- Unverglaste PVT-Kollektoren zusätzlich
zur direkten TWW- (Vor-) Erwärmung nutzen (Dämmung!)
- ... weitere ?
- Architektonische Vorteile
 - nur eine Solaranlage auf dem Dach
 - Warmdachmontage besser möglich

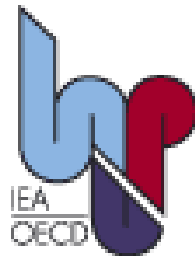
IEA Joint TASK 44 : “Solar and Heat Pump Systems”

- im Rahmen des „Solar Heating and Cooling Programme“ der IEA SHC
- in Zusammenarbeit mit IEA Heat Pump Programme (HPP Annex 38)



Hauptzielrichtung des Tasks:

- “Bewertung von kombinierten Systemen [...], die Solarwärme und Wärmepumpen nutzen”



Period January 2010 – December 2013
See <http://www.iea-shc.org/task44/>

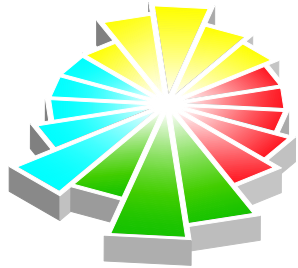
Danksagung



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

