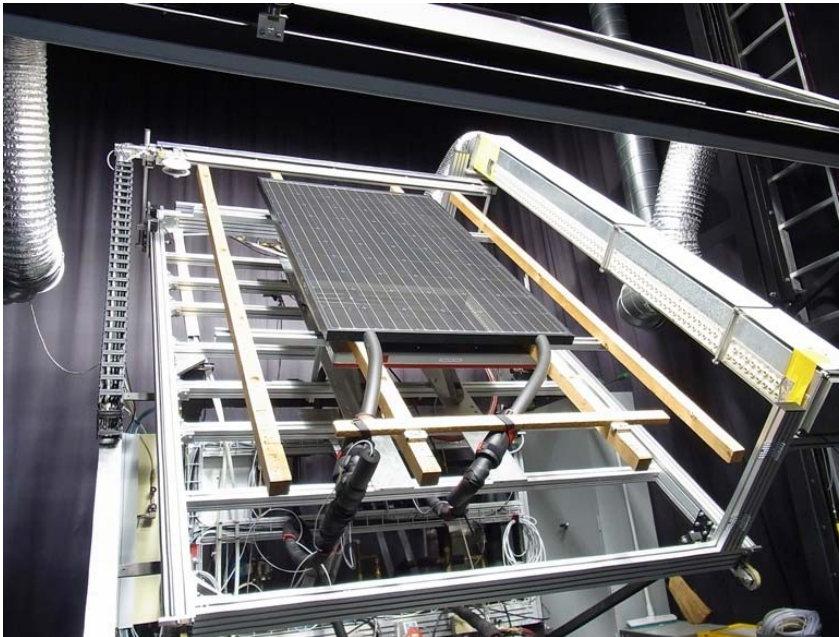


# **PVT- oder Hybridkollektoren:** aktuelle Entwicklungen, technische Herausforderungen und Marktchancen



**Prof. Matthias Rommel**

Institutsleiter  
SPF Institut für Solartechnik

Hochschule für Technik  
Rapperswil HSR

## Institut für Solartechnik ([www.spf.ch](http://www.spf.ch))



Kompetenzzentrum für Solarenergie seit über 30 Jahren.

Momentan 40 festangestellte Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker

Jahresbudget ca. 4.8 Mio CHF

Nationale und internationale aF&E-Projekte

Momentan Beteiligung an drei EU-finanzierten Projekten

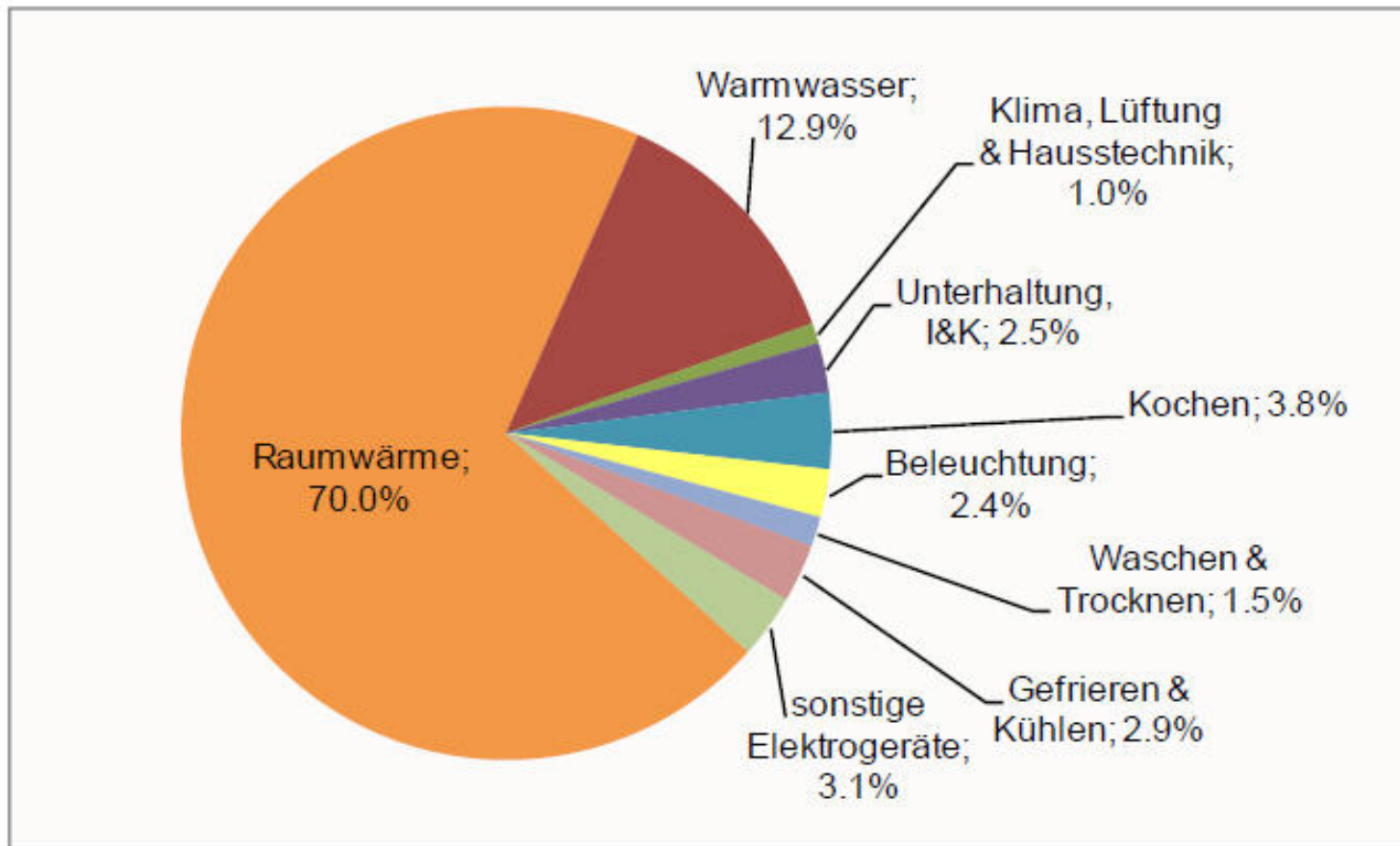
IEA-Task 49 on Solar Heat for Industrial Processes

IEA-Task 44 on Combination of Solar Thermal and Heat Pump Systems

**Ziel der nächsten Jahre: Kombination von Erneuerbaren Energietechniken in der Umsetzung (z.B. PVT, ST+WP+Eisspeicher)**

**Studiengang Erneuerbare Energien und Umwelttechnik**

# Wofür verwenden wir wieviel Energie in unseren Haushalten in der Schweiz?





## Entwicklung von PV-T Kollektoren



Alle Gebäude benötigen Elektrizität und Wärme.

PV-Zellen wandeln nur etwa 16% der Solarstrahlung in Elektrizität um, etwa 74% gehen in Form von Wärme an die Umwelt verloren.

Solarstrahlung wird durch PVT-Kollektoren am effizientesten genutzt.

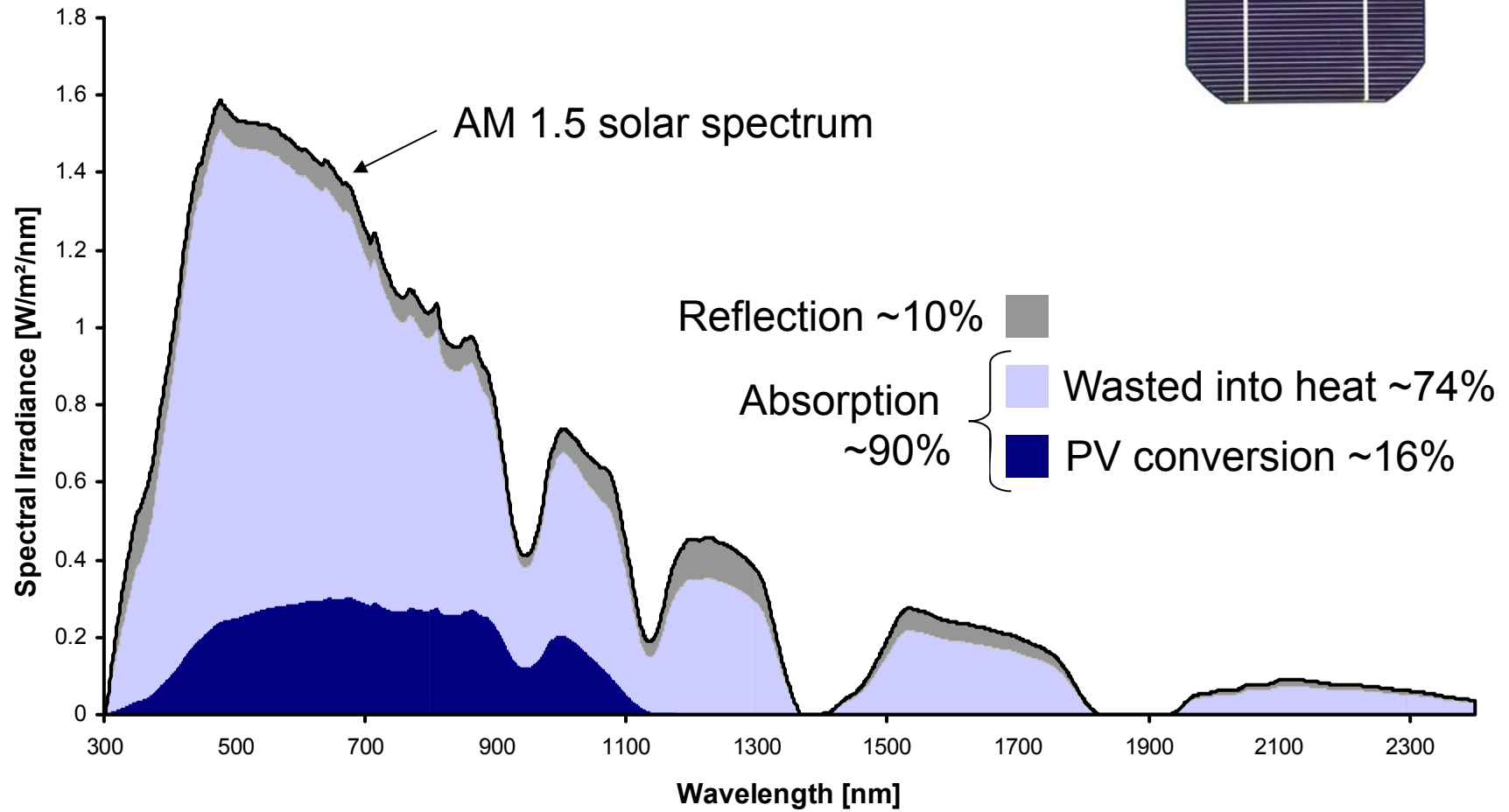
In der Zukunft muss Solarstrahlung, die auf die Gebäudehülle trifft, so effizient wie möglich genutzt werden für:

- Elektrizität
- Wärme
- Tageslichtnutzung (Fenster).



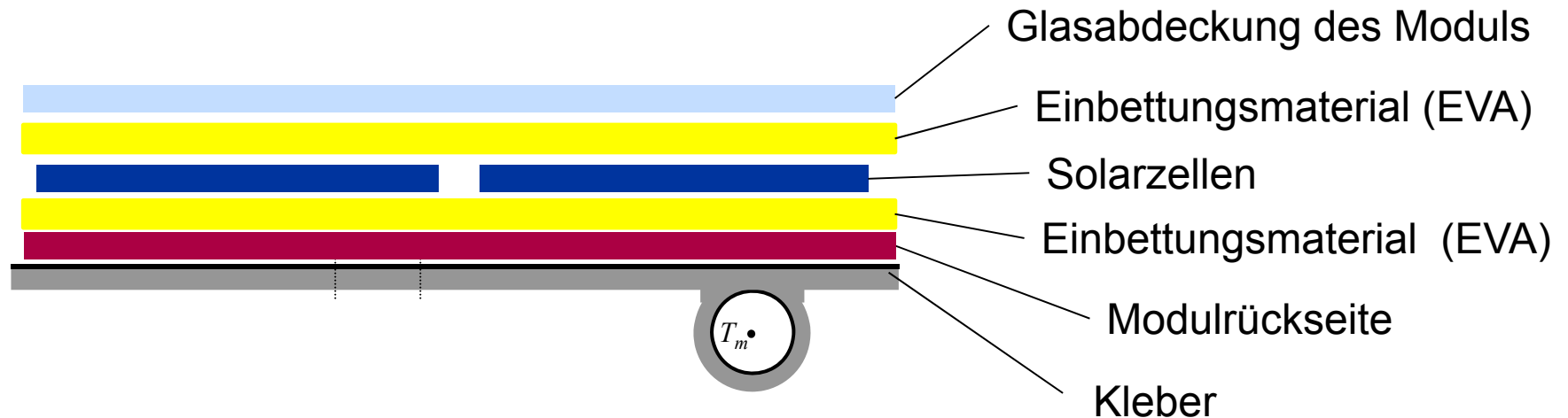
Energieautarkes Solarhaus des Fraunhofer ISE  
(1992 fertiggestellt, volle Energie-Autarkie erreicht)

# Spektrale Eigenschaften einer Silizium Solarzelle



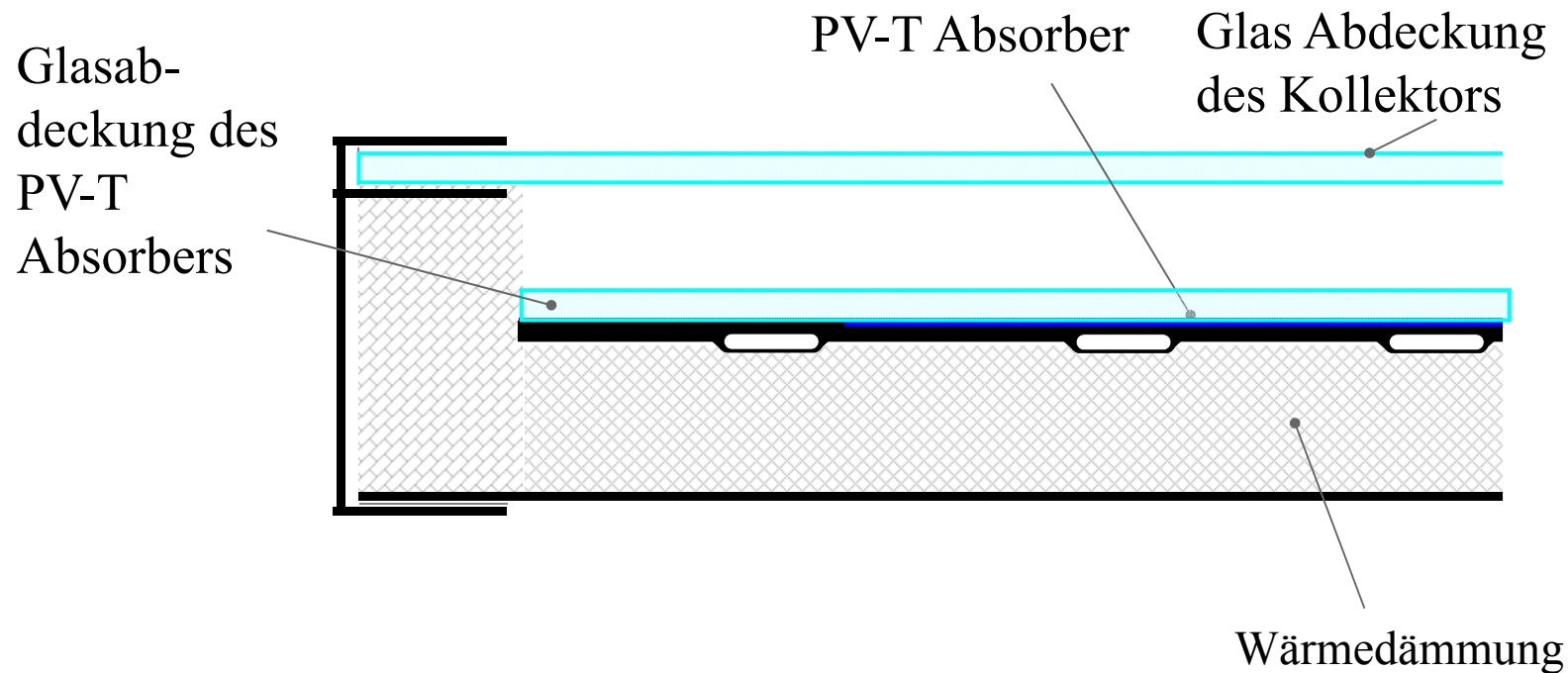
Source:  
Dupeyrat, Fraunhofer ISE

## Technische Herausforderung: Wärmeübergang von der Zelle ins Fluid



- Grosser Wärmeflusswiderstand zwischen Solarzelle und Kollektorfluid
  - Direkte Laminierung der Solarzelle auf das metallische Wärmeleitblech
  - Absorber Konstruktionen mit hohen F' Faktoren  
(keine Finne-Rohr Konstruktionen sondern möglichst vollflächig durchströmte Konstruktionen)
- EINFACHES ZUSAMMENBASTELN VON PV-MODUL MIT THERMISCHEM ABSORBER FÜHRT ZU SCHLECHTEN ERGEBNISSEN

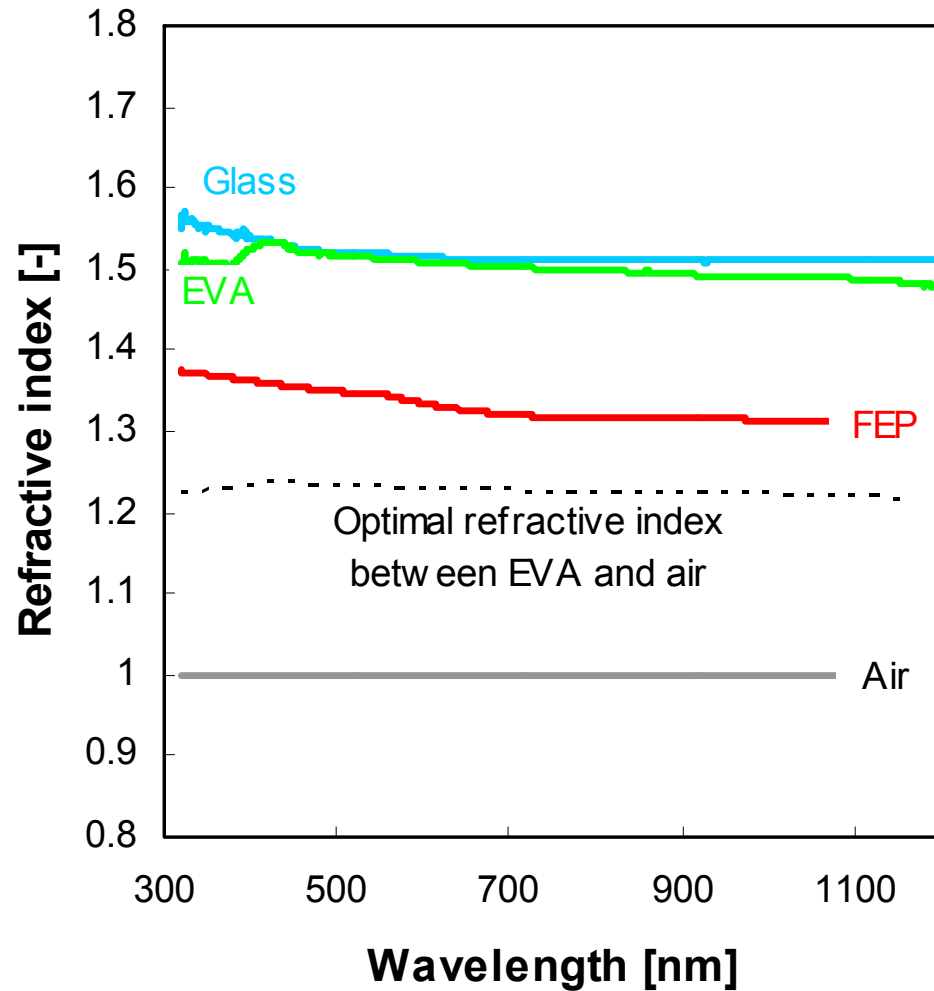
## Flachkollektor mit PVT-Absorber



### **Glasabdeckung für den PVT Absorber ist nicht notwendig:**

1. Wegen der mechanischen Stabilität durch Metallabsorber
2. Schutz gegen Hagelschlag und mechanische Lasten durch die Kollektorverglasung

# Verwendung einer FEP Folie anstelle des Abdeckglases des PVT Absorbers

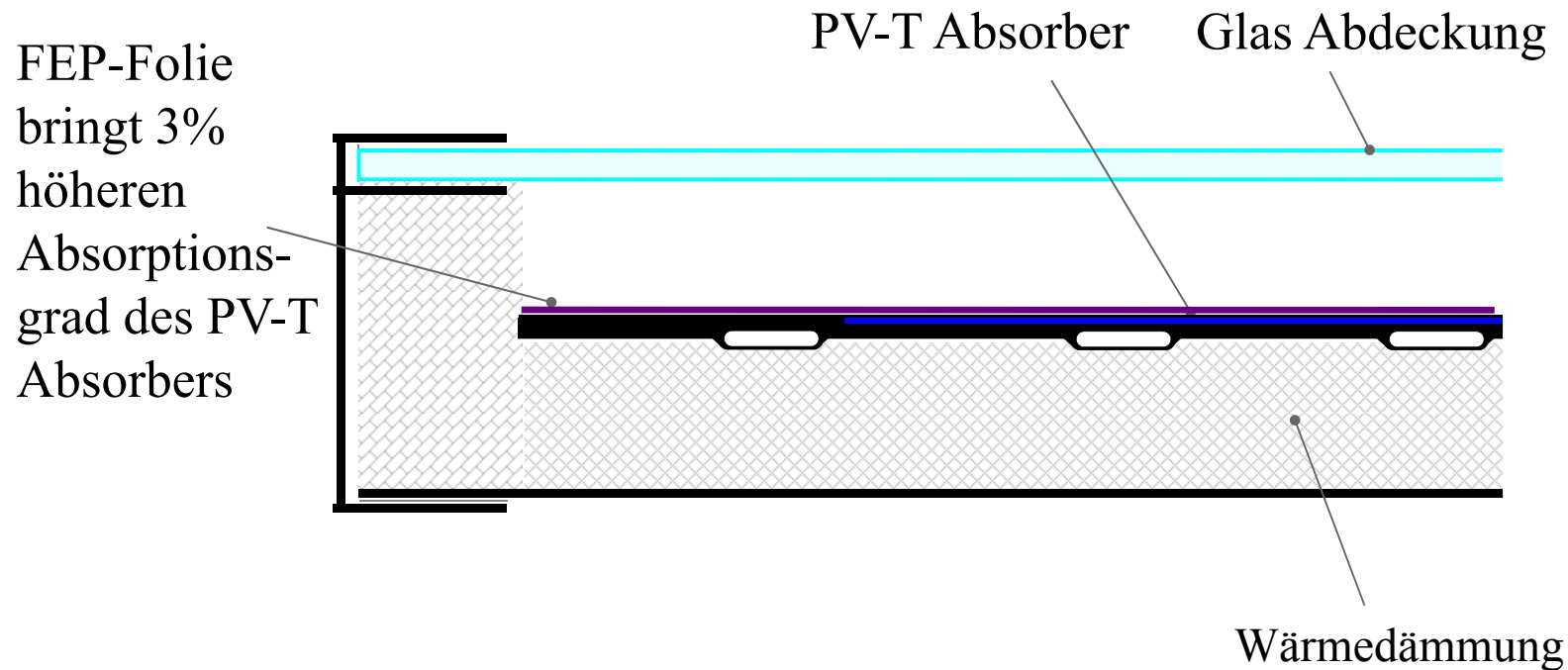


Source:  
Dupeyrat, Fraunhofer ISE



## Flachkollektor mit PVT-Absorber:

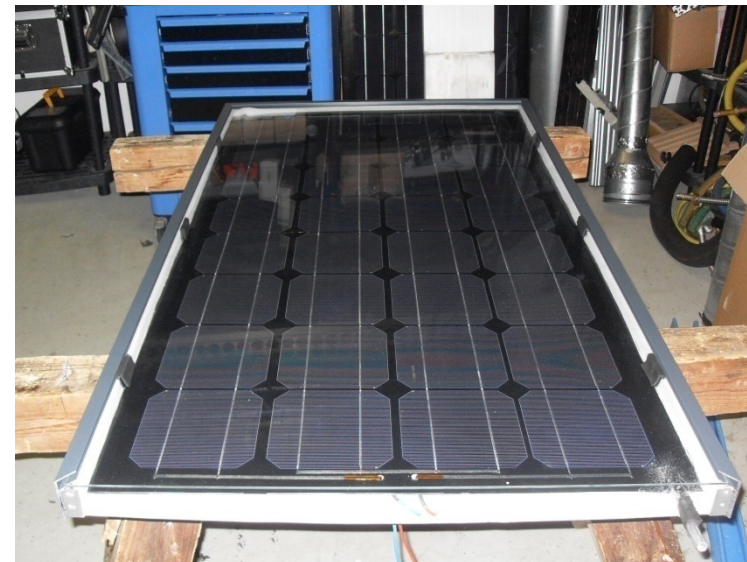
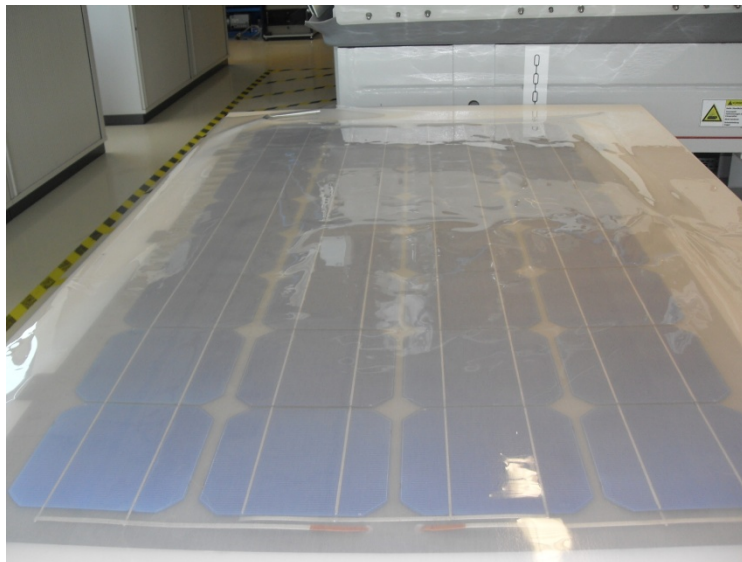
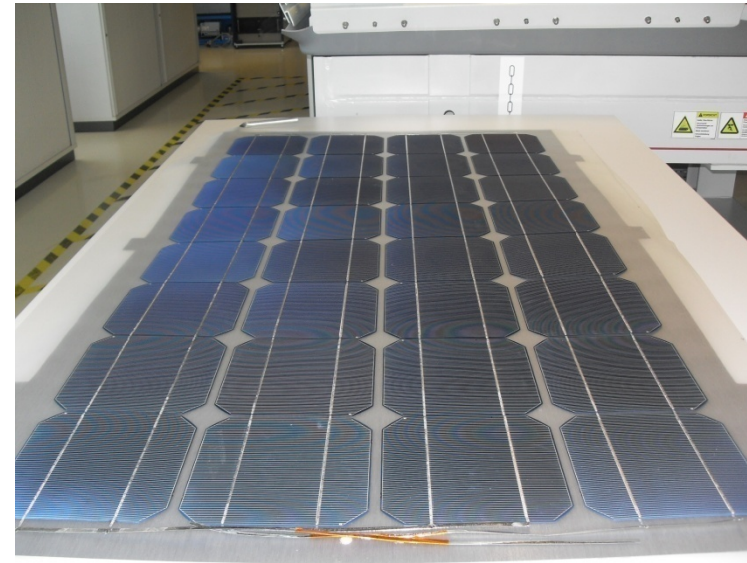
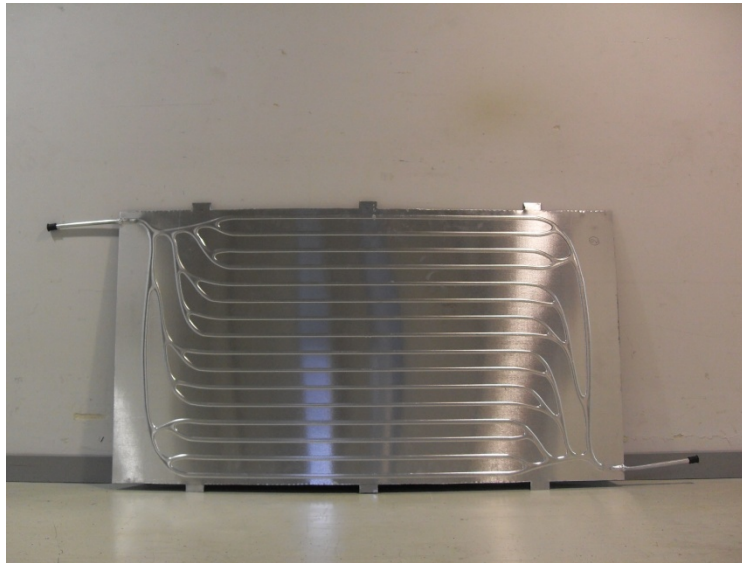
Möglichkeiten für optische Verbesserungen, weil keine Glasabdeckung für den PVT Absorber notwendig ist !



### Glasabdeckung für den PVT Absorber ist nicht notwendig:

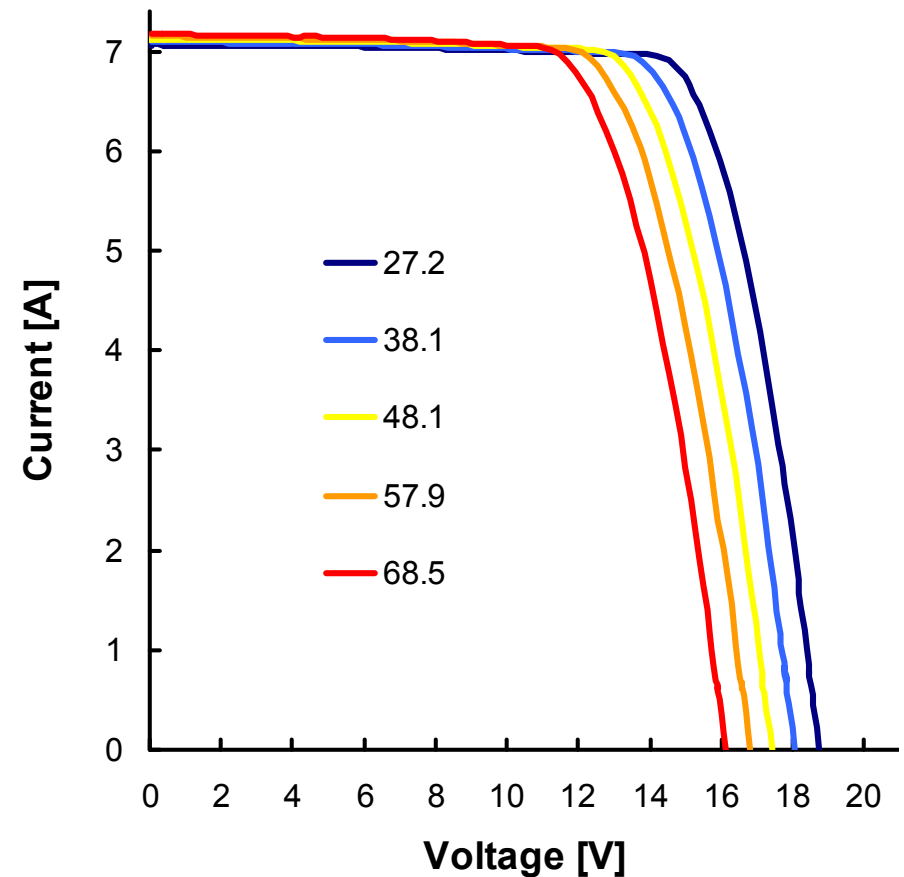
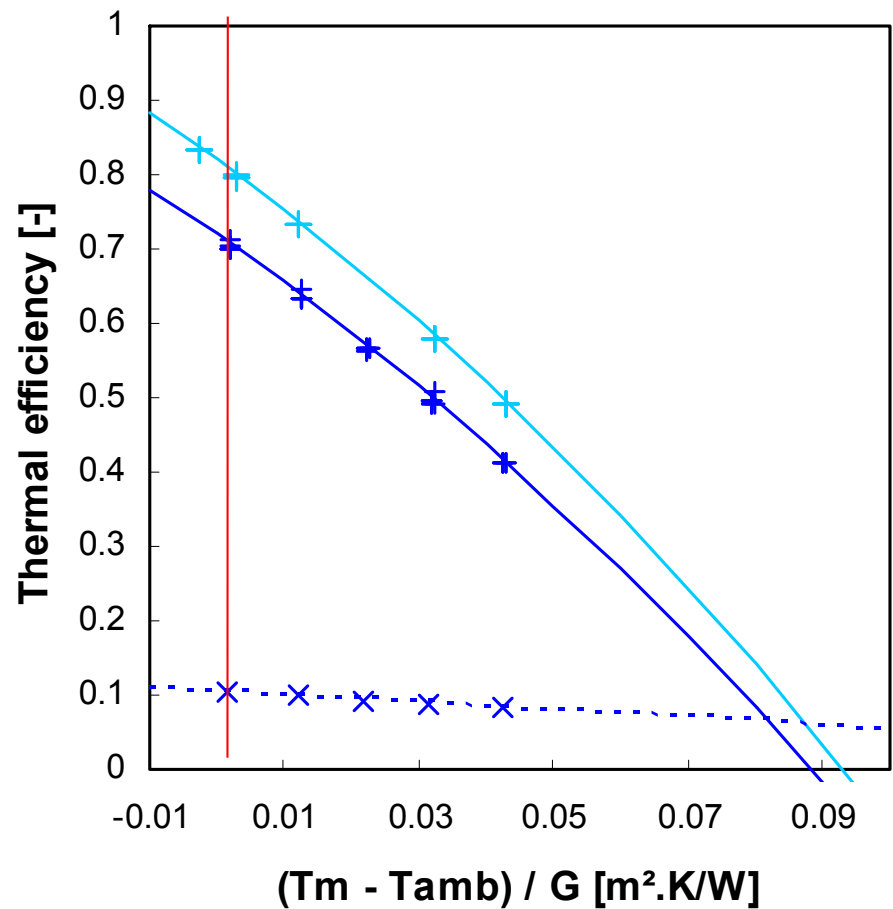
1. Wegen der mechanischen Stabilität durch Metallabsorber
2. Schutz gegen Hagelschlag und mechanische Lasten durch die Kollektorverglasung

# PVT Versuchs-Flachkollektor



Source:  
Dupeyrat, Fraunhofer ISE

# Thermische und elektrische Leistung des PVT – Versuchs-Flachkollektors



## Simulationsergebnisse für den Versuchskollektor in einer konkreten Warmwasseranlage in Lyon



### Ergebnis:

Mit PVT-Kollektor wird von der Dachfläche 13% mehr erneuerbarer Strom produziert bei gleichem Wärmegewinn.

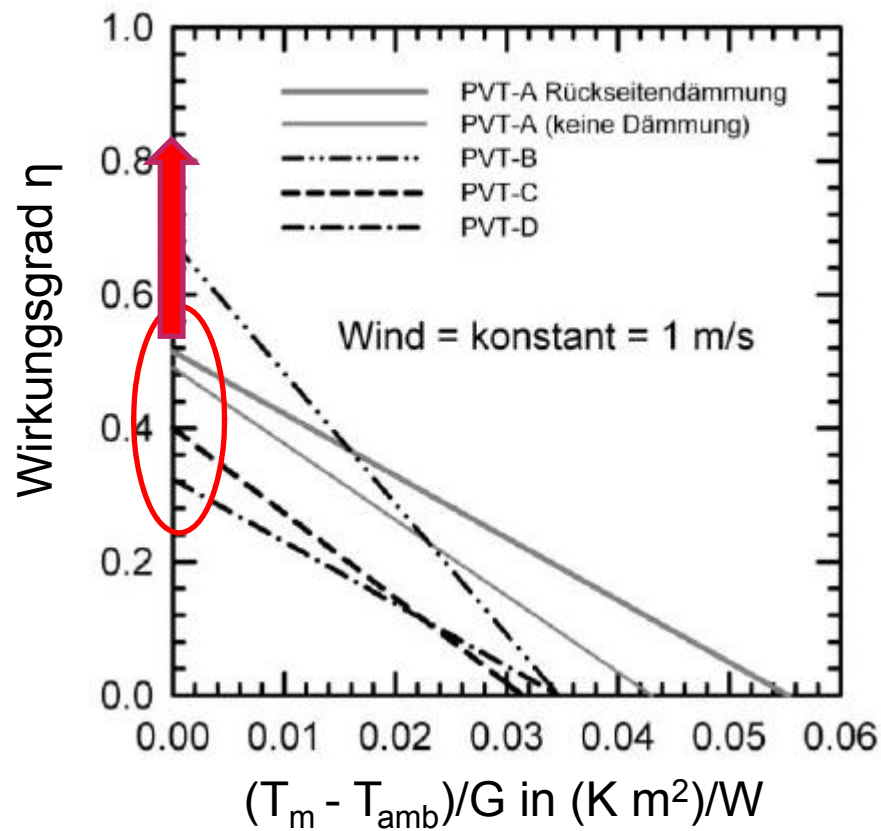
	$Q_{\text{elec(total)}}$ [kWh]	$F_{\text{sav}}$ [-]	PES [kWh]	Exergy [kWh/m <sup>2</sup> ]	Avoided CO <sub>2</sub> [t(CO <sub>2</sub> )/year]
<b>PV-T Collectors and PV modules</b>	2958	0.60	11248	4006	1.21
<b>Thermal Collectors and PV modules</b>	2626	0.60	10083	3650	1.12



## Entwicklung abgedeckter PVT-Kollektoren

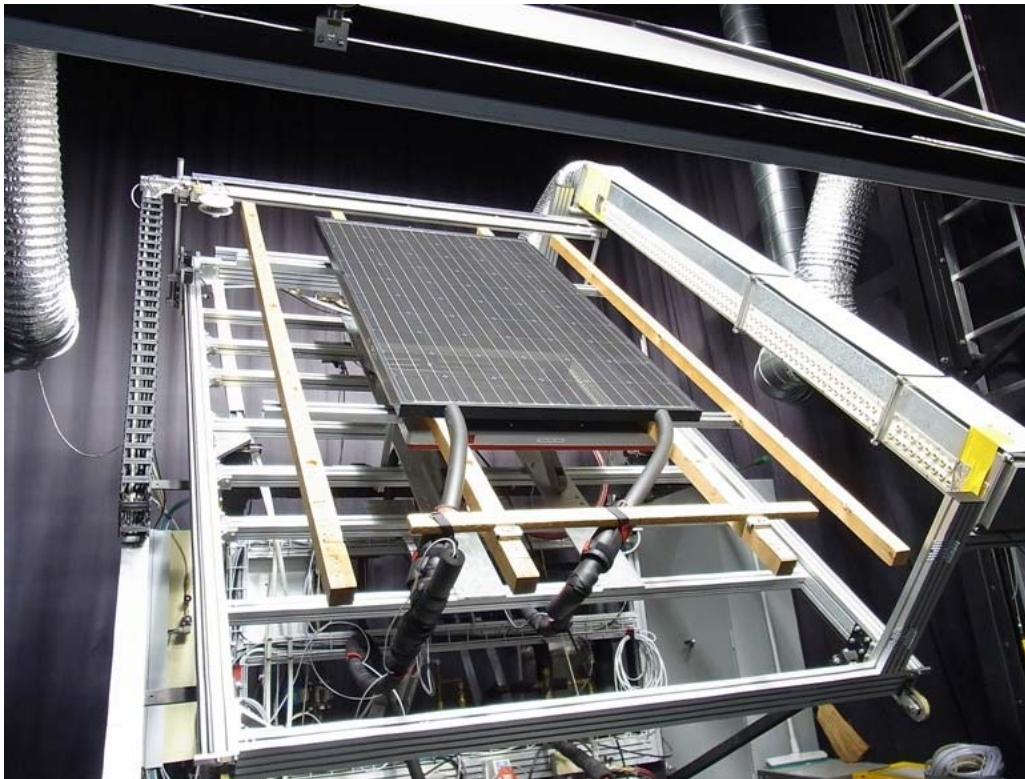
- $\eta_0$ -Werte im Bereich von 80% können erreicht werden:
  - vollflächig durchströmte Absorber mit guten F'-Werten
  - Direktlamination der Zellen auf den Absorber
  - FEP-Folie (Brechungsindex  $n=1.3$ ) anstelle von Glas ( $n=1.5$ )
  - Antireflexglas als Kollektorabdeckung
- Damit können die thermischen Leistungen von nicht-selektiven Flachkollektoren erreicht werden.
- low-e Schichten auf der Unterseite der Kollektorabdeckung können die thermischen Verluste reduzieren (aber reduzieren gleichzeitig auch den optischen Wirkungsgrad)
- thermische Verbesserungen führen zu höheren Stagnationstemperaturen -> erhöhte Temperaturbelastung der PVT-Absorberkonstruktion und der verwendeten Materialien.
- Markt: Es gibt eine gewisse interessierte potentielle Käuferschicht, aber (noch?) kein marktfähiges Produkt.

# Die Wärmeleistung von unabgedeckten PVT-Kollektoren können noch deutlich verbessert werden, sowohl als Kollektoren als auch als Luft-Sole Wärmetauscher

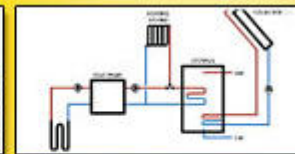




# Entwicklung von unabgedeckten PVT-Kollektoren am SPF



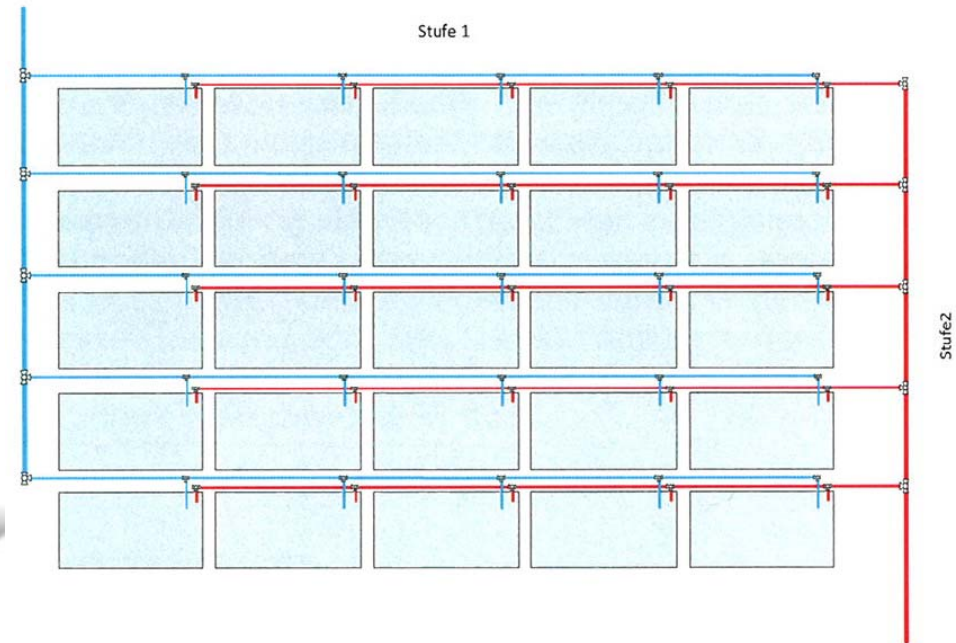
Messungen an unabgedckten PVT-Kollektoren im Solarsimulator-Labor des SPF



# Neue Herausforderungen durch Kondensation und Vereisung



# PVT Kollektor in Pilotanlagen



Quelle: 3S



Quelle: SPF



# Pilotanlage in Wettswil a. A. mit Wärmepumpe und Erdsonden



Installiert im Sommer 2012

Inbetriebnahme im Herbst 2012.

28 PVT-Kollektoren à 1.6m<sup>2</sup>  
10 PV-Module à 1.6 m<sup>2</sup>

Regenerierung von drei  
WP-Erdsonden à 150 m  
Länge

Quelle: 3S

# Pilotanlage in Wettswil a. A. mit Wärmepumpe und Erdsonden



Installiert im Sommer 2012

Inbetriebnahme im Herbst 2012.

28 PVT-Kollektoren à 1.6m<sup>2</sup>  
10 PV-Module à 1.6 m<sup>2</sup>

Regenerierung von drei  
WP-Erdsonden à 150 m  
Länge

Quelle: 3S



# Pilotanlage in Wettswil a. A. mit Wärmepumpe und Erdsonden



Installiert im Sommer 2012

Inbetriebnahme im Herbst 2012.

28 PVT-Kollektoren à 1.6m<sup>2</sup>  
10 PV-Module à 1.6 m<sup>2</sup>

Regenerierung von drei  
WP-Erdsonden à 150 m  
Länge

Quelle: 3S



# Pilotanlage in Wettswil a. A. mit Wärmepumpe und Erdsonden



Quelle: 3S

Installiert im Sommer 2012

Inbetriebnahme im Herbst 2012.

28 PVT-Kollektoren à 1.6m<sup>2</sup>  
10 PV-Module à 1.6 m<sup>2</sup>

Regenerierung von drei  
WP-Erdsonden à 150 m  
Länge

## Pilotanlage Gisel in Zumikon



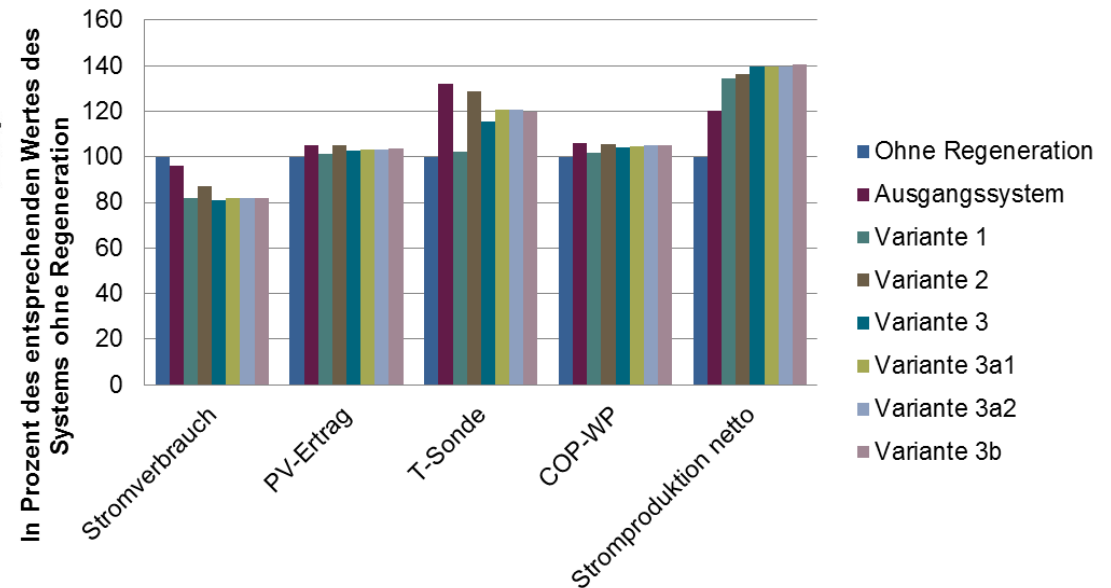
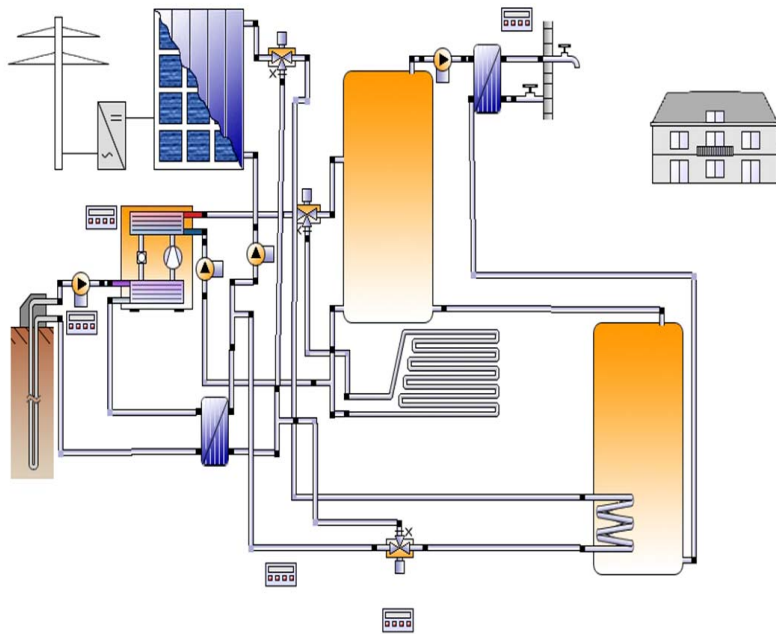
Quelle: 3S

Installiert im Sommer 2012

56 PVT-Kollektoren a 1.6 m<sup>2</sup>  
90 m<sup>2</sup> Kollektorfläche

Regenerierung von zwei  
Erdsonden a 380 m Länge  
(koaxial)

# Simulationsvergleich unterschiedlicher Systemkonzepte



→ Neuer Arbeitsbereich im SPF: Integration von PVT-Kollektoren in low-Exergy-Speichern von Arealvernetzungen (Dynamische Systemsimulationen)

# PVT-Kollektoren für grosse Anlagen auf Mehrfamilienhäusern



Bild: Flachkollektoranlage in Zürich, keine PVT-Kollektoren!

Sehr günstige Bedingungen bestehen für PVT-Kollektoren in Warmwasser-Vorwärmanlagen mit niedrigem solaren Deckungsgrad und deshalb tiefen Kollektor-Betriebstemperaturen

**Im SPF wird im Frühjahr 2013 eine Modellanlage installiert, so dass im Sommer experimentell überprüfte Auslegungserfahrungen vorliegen werden.**



## Entwicklung unabgedeckter PVT-Kollektoren

- Die Verbesserung der Wärmeübertragung von der PV-Zelle zum Fluid ist entscheidend:
  - für den thermischen Wirkungsgrad
  - für die Kühlung der PV-Zelle und damit verbesserten el. Wirkungsgrad
  - für den Wirkungsgrad des PVT-Kollektors als Luft-Sole Wärmetauscher
- Neue Herausforderungen an die Materialien und die Modulkonstruktion entstehen durch mögliche Kondensation und Vereisung bei Betrieb mit Wärmepumpen
- Kostengünstige Verbindungstechniken für die Verrohrung von PVT-Kollektoren müssen entwickelt werden:
  - maximal auftretende Temperaturen unter 100°C
  - kein Dampf bei Stagnation

## Entwicklung unabgedeckter PVT-Kollektoren

- **Systemtechnik WP+PVT:** viele Konzepte sind möglich, die noch genauer untersucht werden müssen (Erdsondenspeicher, Eisspeicher, Regelstrategien)
- **Markt:** Für gute und durchentwickelte **Systeme** mit unabgedeckten PVT-Kollektoren und hohen regenerativen Deckungsanteilen am Gesamtenergiebedarf bestehen gute Marktchancen

⇒ **Solarthermie**  
**+ PV**  
**+ Wärmepumpe**  
**+ innovative Speicher !!!**



# Vorankündigung SPF-Industrietag

## Donnerstag, 14. März 2013:

### «Solarthermie: vom Eisspeicher bis zur Prozesswärme»

Bitte geben Sie mir Ihre Visitenkarte oder schreiben Sie mir eine E-Mail, wenn Sie das Programm und die Anmeldungsunterlagen erhalten möchten.

mrommel@hsr.ch



#### SPF-Industrietag am Mittwoch 21. März 2012

Hochschule für Technik Rapperswil, Gebäude 4, Aula

ab 08:45 Uhr Kaffee und Gipfeli

- 09:30 Uhr Begrüssung (Prof. Dr. Hermann Mettler – Rektor HSR)
- 09:40 Uhr Die Rolle der Solarthermie in der Energiestrategie des Bundes (A. Eckmanns, U. Wolfer, BFE)
- 10:00 Uhr Internationale F&E Arbeiten zur Kombination von Solarthermie und Wärmepumpentechnik (J.C. Hadorn)
- 10:15 Uhr Entwicklungen bei WP-Solar Systemen: Kollektoren - Wärmepumpe - Eisspeicher (M. Haller)

#### Pause

Themenblock: Projekte: Kollektoren, Komponenten, Speicher, Systeme

- 10:40 Uhr - Naturgefahren für Kollektoren: Schnee, Wind, Hagel
- Neue EN-Norm für System- und Speicherprüfungen
- Absorber und Fluidentwicklungen: Hürden für den Alu-Absorber?
- Bewertung von neuen selektiven Beschichtungen
- Glaskontoverglasung aus Kunststoff - Chancen oder

#### Stehlunch

13.15 Uhr Technik

Themenblock: Konzentrieren und P&D Projekte

- 14:10 Uhr - Solare Prozesswärme
- Messergebnisse an einem Parabolinnenkollektor-P&D

#### Pause

- 15:45 Uhr - Grosse Kollektoranlagen und experimentelle Untersuchung zum Stagnationsverhalten
- Entwicklung von PVT-Kollektoren: ein Überblick

Ende (gegen 16:30 Uhr)

Programm des vorjährigen SPF-Industrietages