



Analyse und Bewertung solarer Hybridsysteme

Martin Vukits
Sebastian Odorfer
Walter Becke
Christian Fink

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
AUSTRIA

www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien



Workshop „Solarthermie und Wärmepumpenkombinationen – Heizsysteme der Zukunft?“
18. April 2013 – Greiner Sun House, Eberstalzell

Das Projekt „SolPumpEff“

Projektpartner:

AEE INTEC	Koordinator
IWT TU-Graz	Institutioneller Partner
Solution	Solarsystemanbieter
Ochsner	Wärmepumpenhersteller

Projektlaufzeit: 3 Jahre, Start Mai 2010

Ziele:

- Analyse existierender Systemkombinationen,
- **Monitoring und Evaluierung von Feldtestanlagen,**
- Entwicklung von Simulationsmodellen – Systemoptimierung,
- Primärenergetische und wirtschaftliche Bewertung



www.aee-intec.at AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

7 Systeme der Feldtestreihe

	Technische Daten		Speichervolumen/ Kollektorfläche	Heizenergie- bedarf
System A* (Luft/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	16 m ² 1000 Liter 9 kW _{th}	62,5 l/m ²	70 kWh/m ² a
System B (Luft/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	20 m ² 1000 Liter 19 kW _{th}	62,5 l/m ²	79 kWh/m ² a
System C (Erdreich/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	24 m ² 1500 Liter 15 kW _{th}	62,5 l/m ²	65 kWh/m ² a
System D (Luft/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	8 m ² 800 Liter 19 kW _{th}	100 l/m ²	73 kWh/m ² a
System E** (Luft/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	15 m ² 1000 Liter 8 kW _{th}	66,7 l/m ²	38 kWh/m ² a
System F (Wasser/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	30 m ² 2690 Liter 22 kW _{th}	89,7 l/m ²	27 kWh/m ² a
System G** (Luft/Wasser)	A _{Koll.} : V _{Speicher} : WP-P _{Nom.} :	15 m ² 1000 Liter 9 kW _{th}	66,7 l/m ²	42 kWh/m ² a

* Integriertes System

** Integriertes Kompaktsystem

Kennzahlen

Solarer Deckungsgrad:

$$SD = \frac{Q_{Solar}}{Q_{Nutz}}$$

Spezifischer Kollektorertrag:

$$q_{Koll} = \frac{Q_{Solar}}{A_{Kollektor}}$$

Arbeitszahl der Solaranlage:

$$SPF_{Solar} = \frac{Q_{Solar}}{E_{Solarpumpe}}$$

Arbeitszahl der Wärmepumpe:

$$SPF_{WP} = \frac{Q_{WP}}{E_{WP}}$$

Arbeitszahl Solar & Wärmepumpe:

$$SPF_{SWP} = \frac{Q_{Erzeugung}}{E_{SWP}}$$

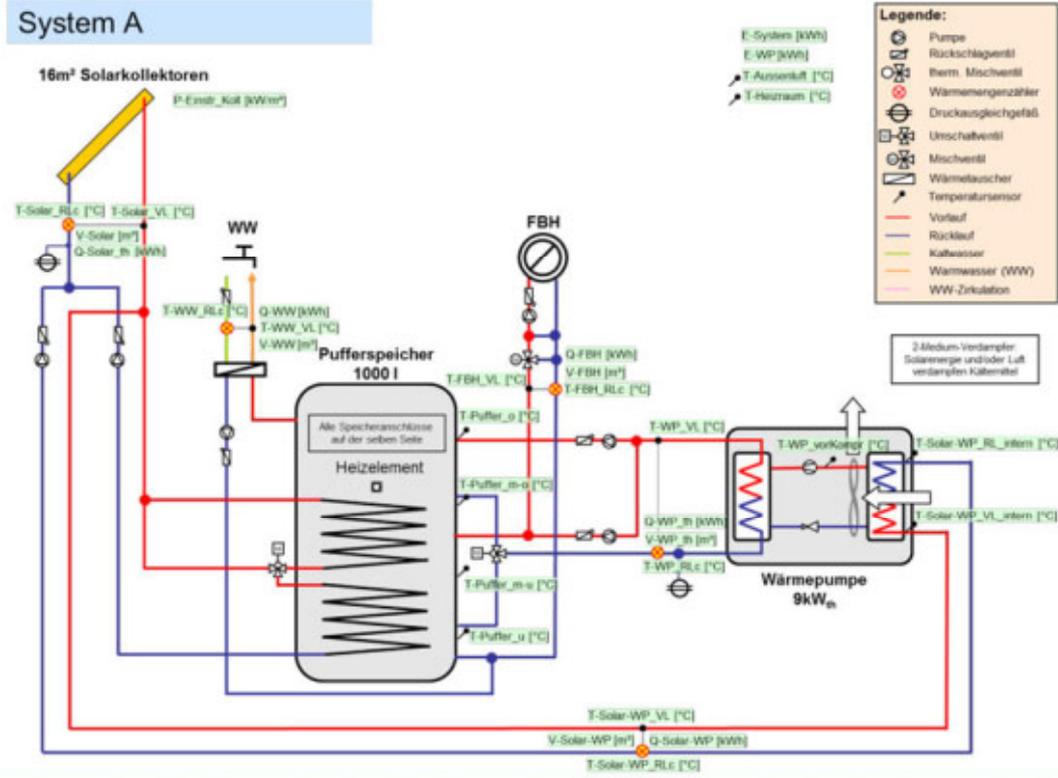
Arbeitszahl des Systems:

$$SPF_{System} = \frac{Q_{Nutz}}{E_{SWP}}$$

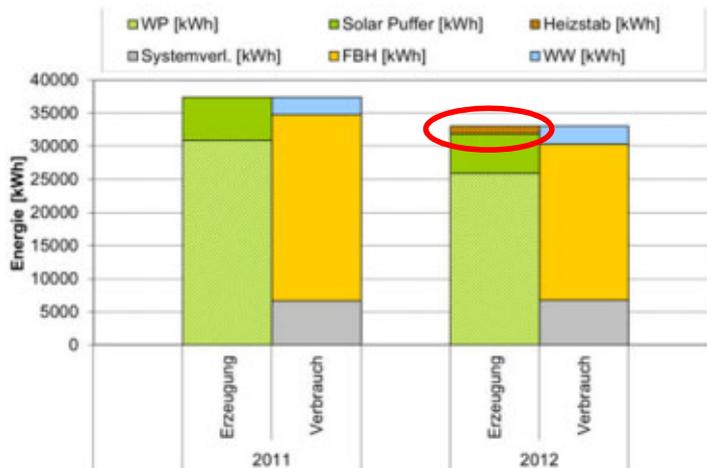
E_{WP}: Kompressor, elektrisches Heizelement, Kondensatorpumpe, Ventilator bzw. Solepumpe, Regelung

E_{SWP}: Vom Gesamtsystem bezogene elektrische Energie exklusive Energieverteilung

System A



System A



System A		
	2011	2012
SPF _{SWP} [-]	3,34	3,00
SPF _{WP} [-]	2,79	2,38
SPF _{Sol} [-]	56,99	51,11
SPF _{System} [-]	2,74	2,39
→ SD [%]	21,10	22,50
→ q _{Koll} [kWh/m²a]	486,90	435,90

$$SPF_{SWP} = \frac{Q_{Erzeugung}}{E_{SWP}} \quad SPF_{Solar} = \frac{Q_{Solar}}{E_{Solarpumpe}}$$

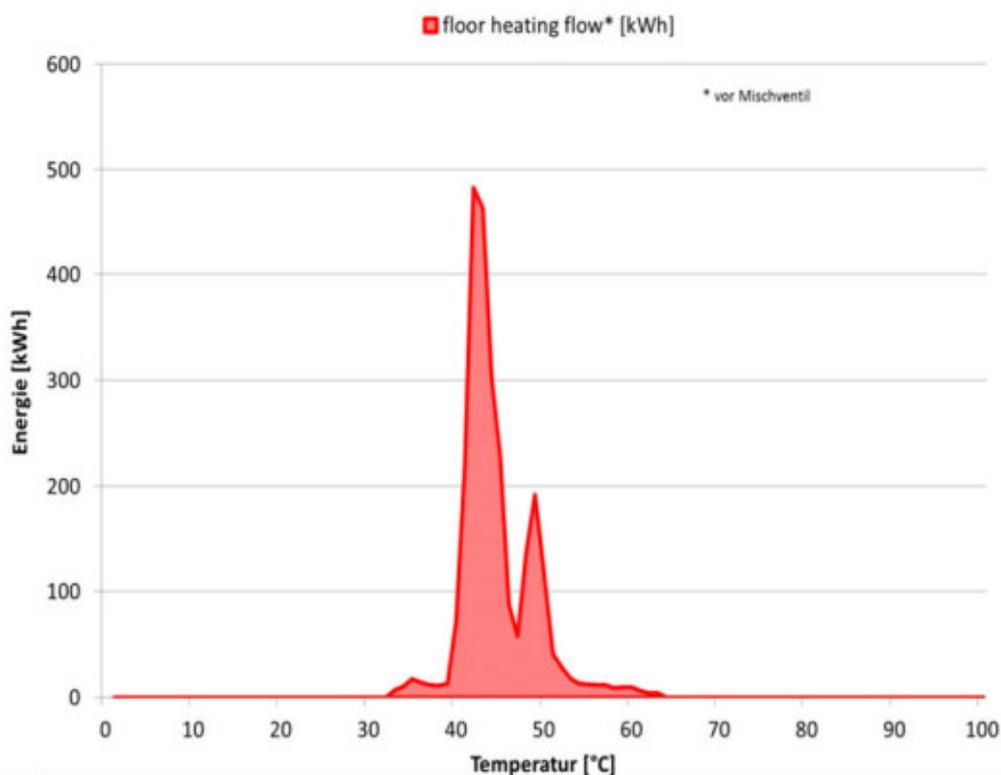
$$SPF_{WP} = \frac{Q_{WP}}{E_{WP}} \quad SPF_{System} = \frac{Q_{Nutz}}{E_{SWP}}$$

System A

Durchgeführte Optimierungen:

- Regelung der solaren Verdampferunterstützung angepasst
- Funktion Pumpe zwischen WP-Speicher sowie Umschaltventile berichtigt

Darstellung im Q,T-Diagramm



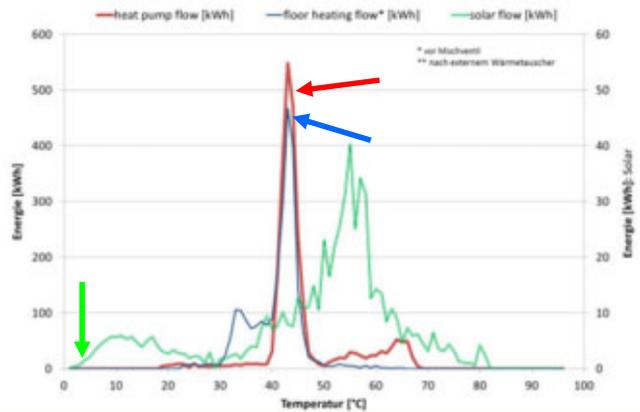
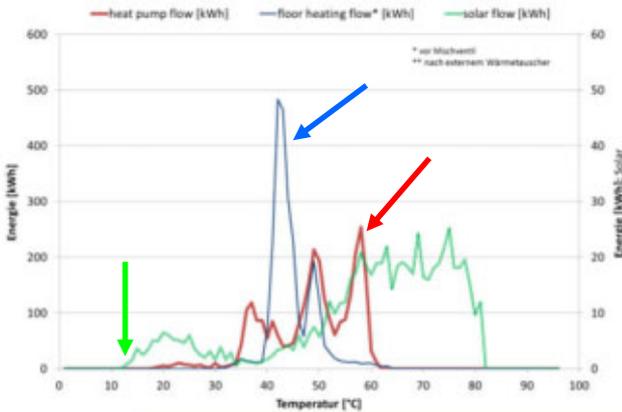
System A

Durchgeführte Optimierungen:

- Regelung der solaren Verdampferunterstützung angepasst
- Funktion Pumpe zwischen WP-Speicher sowie Umschaltventile berichtigt

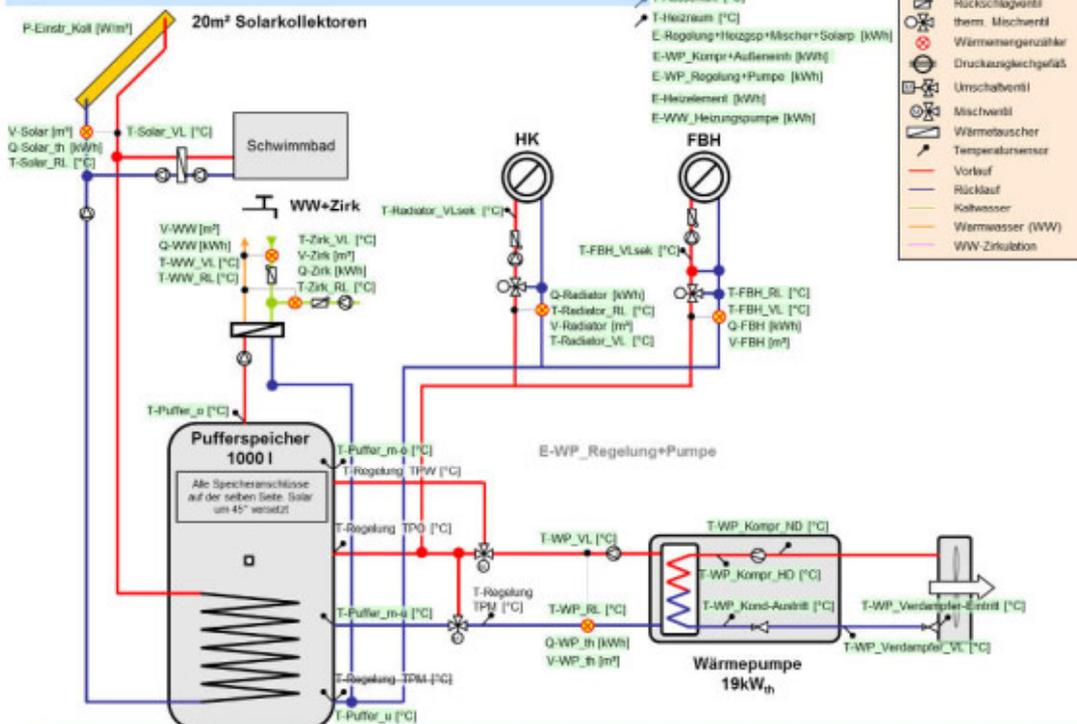
Vorher: 25.9.2011 - 29.10.2011

Nachher: 25.9.2012 - 29.10.2012

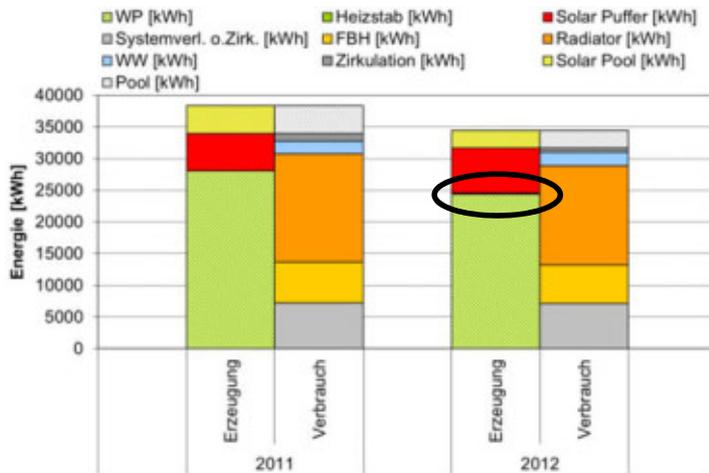


System B

System B



System B



System B		
	2011	2012
SPF _{SWP} [-]	↑ 3,38	↑ 3,64
SPF _{WP} [-]	2,84	2,86
SPF _{Sol} [-]	59,57	57,95
SPF _{System} [-]	2,73	2,95
→ SD [%]	22,20	29,20
→ q _{koll} [kWh/m ² a]	296,80	358,10

$$SPF_{SWP} = \frac{Q_{Erzeugung}}{E_{SWP}} \quad SPF_{Solar} = \frac{Q_{Solar}}{E_{Solarpumpe}}$$

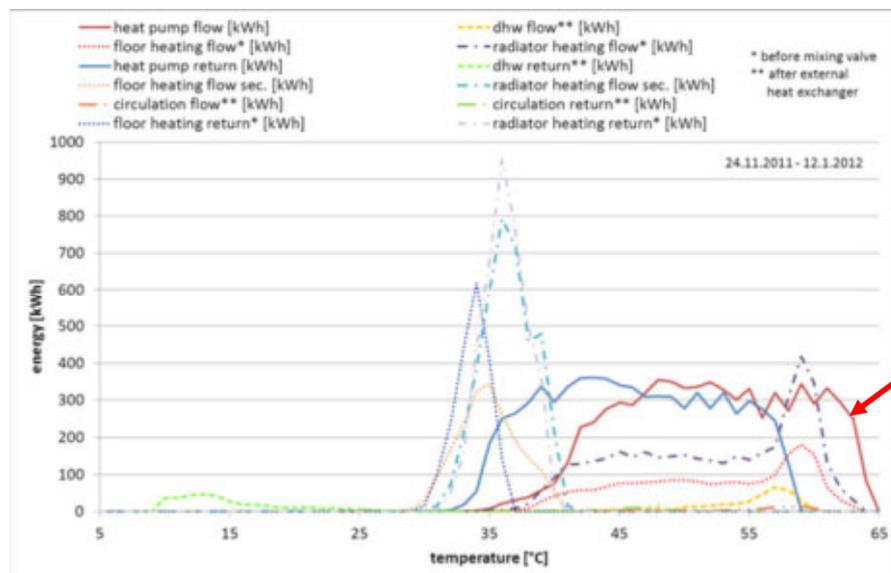
$$SPF_{WP} = \frac{Q_{WP}}{E_{WP}} \quad SPF_{System} = \frac{Q_{Nutz}}{E_{SWP}}$$

System B

Durchgeführte Optimierungen:

Anpassung Position Regelungstemperaturfühler

Vorher: 24.11.2011-12.1.2012





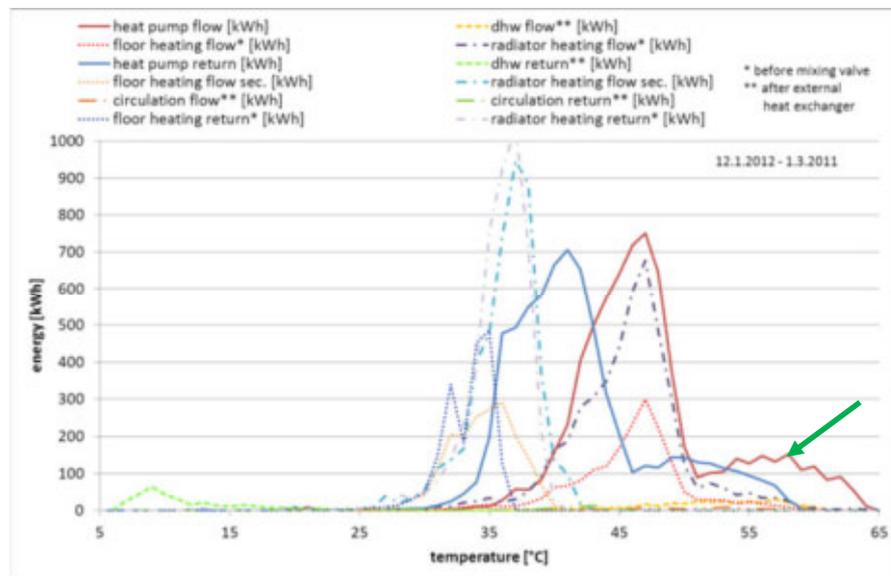
System B

Durchgeführte Optimierungen:

Anpassung Position Regelungstemperaturfühler

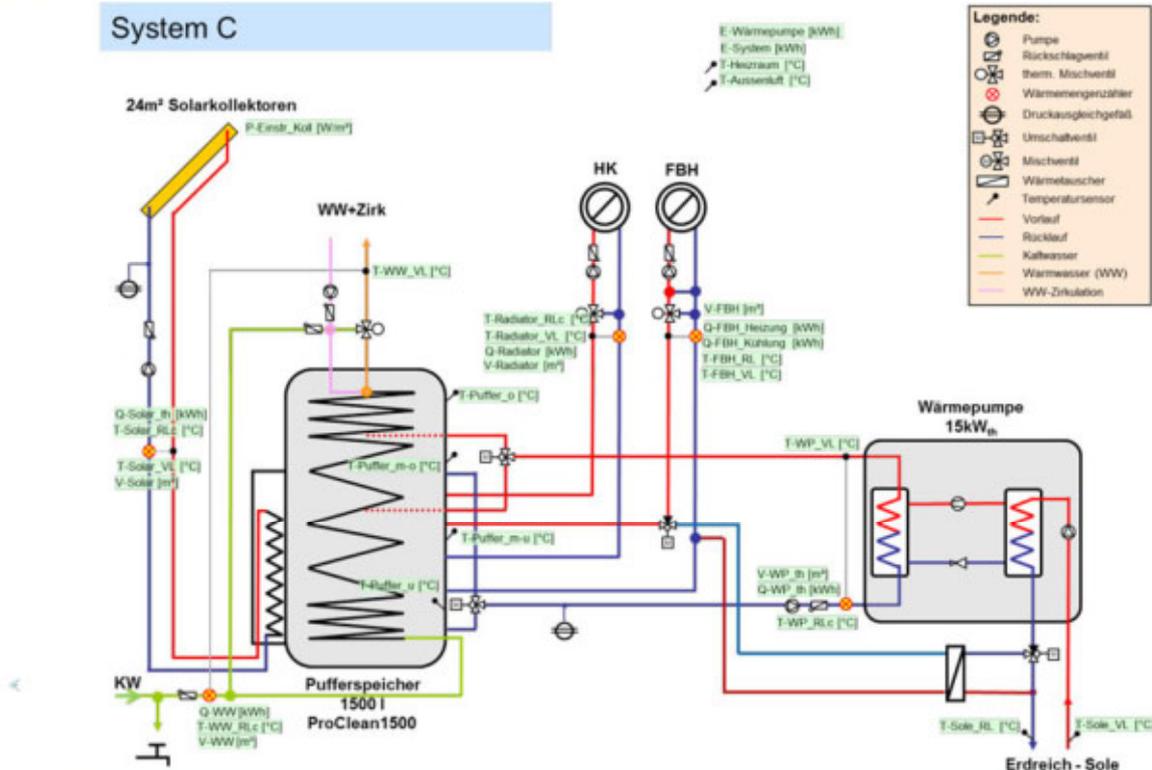
Vorher: 24.11.2011-12.1.2012

Nachher: 12.1.2012-1.3.2012

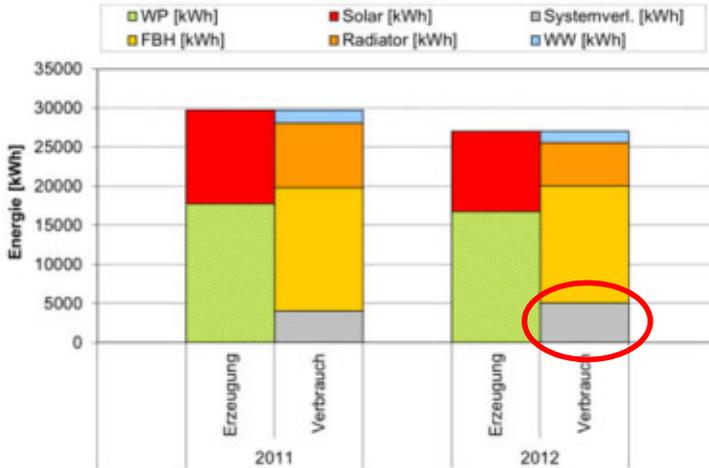


System C

System C



System C



System C		
	2011	2012
$SPF_{SWP} [-]$	↑ 6,14	↑ 5,73
$SPF_{WP} [-]$	3,72	3,61
$SPF_{Sol} [-]$	173,64	174,30
$SPF_{System} [-]$	3,79	3,09
→ $SD [\%]$	46,80	46,60
→ $q_{Koll} [kWh/m^2a]$	494,70	421,30

$$SPF_{SWP} = \frac{Q_{Erzeugung}}{E_{SWP}} \quad SPF_{Solar} = \frac{Q_{Solar}}{E_{Solarpumpe}}$$

$$SPF_{WP} = \frac{Q_{WP}}{E_{WP}} \quad SPF_{System} = \frac{Q_{Nutz}}{E_{SWP}}$$

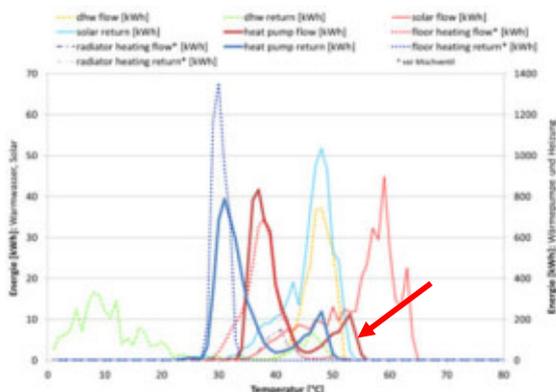
System C

Durchgeführte Optimierungen:

- Heizen und Kühlen im Sommer am selben Tag abgestellt
- Pumpe zwischen WP und Speicher zerstörte die Speicherschichtung und verursachte „Heizen im WW-Modus“

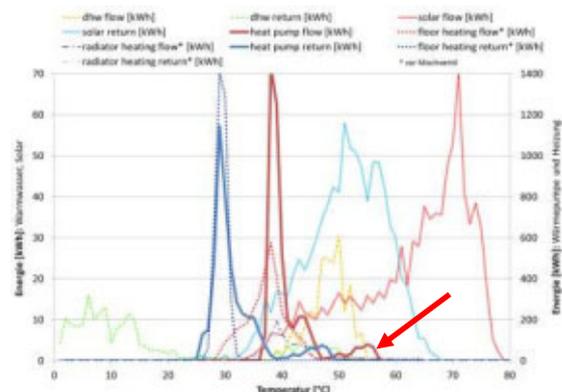
Vorher:

19.12.2012 bis 3.2.2013



Nachher:

5.2.2013 bis 24.3.2013





System C

Durchgeführte Optimierungen:

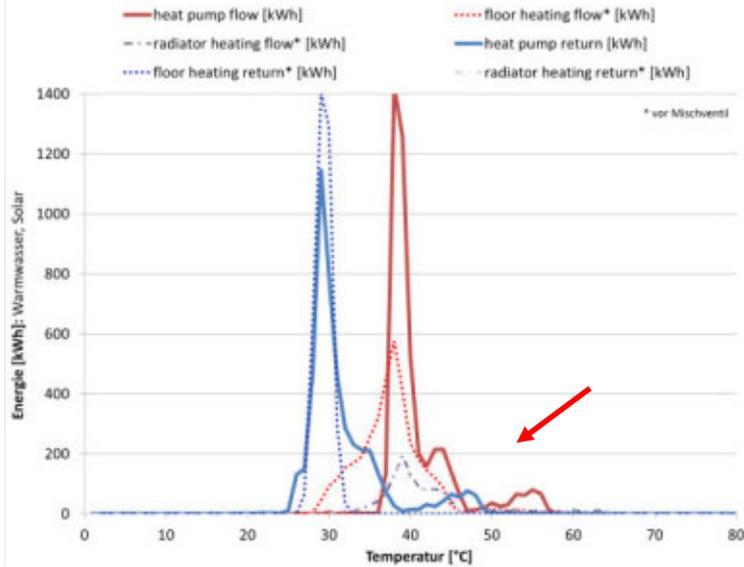
- Heizen und Kühlen im Sommer am selben Tag abgestellt
- Pumpe zwischen WP und Speicher zerstörte die Speicherschichtung und verursachte „Heizen im WW-Modus“

Vorher:

19.12.2012 bis 3.2.2013

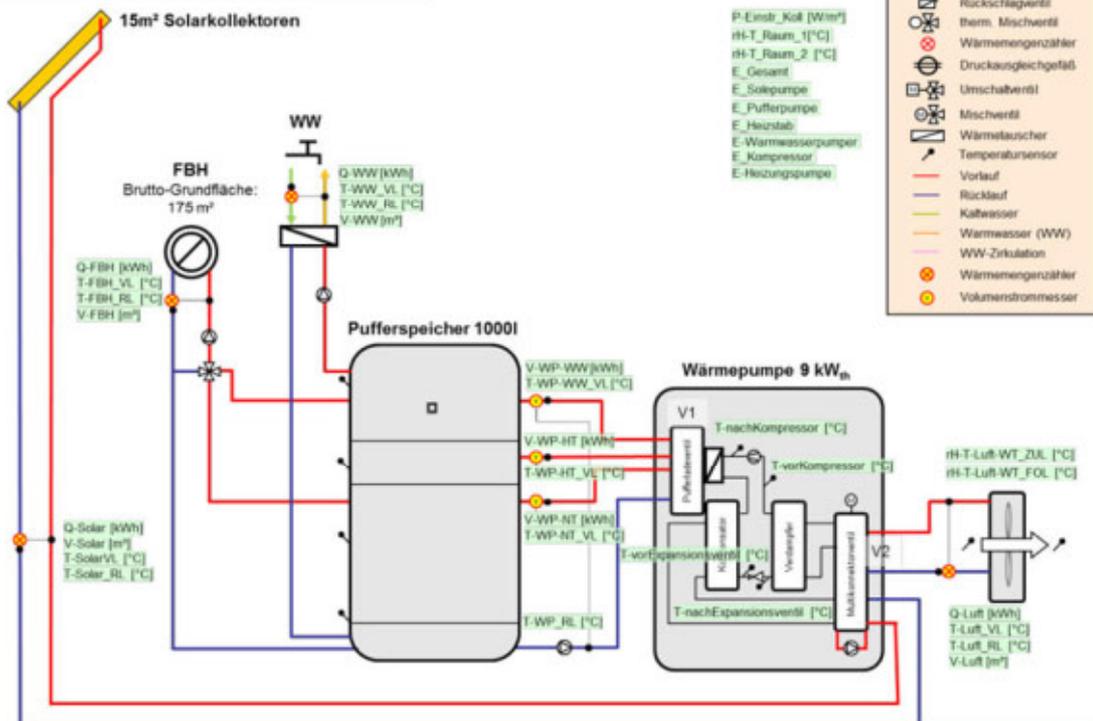
Nachher:

5.2.2013 bis 24.3.2013

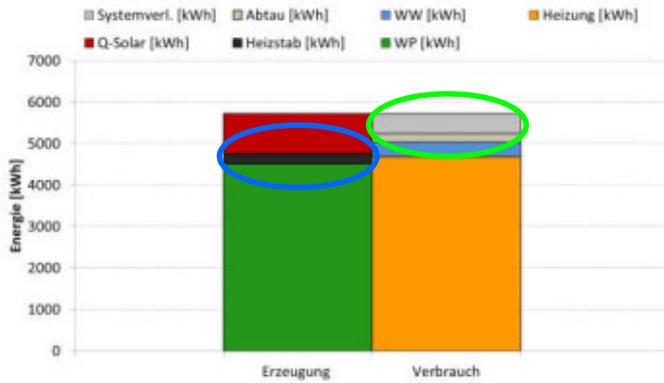


System G

System G



System G



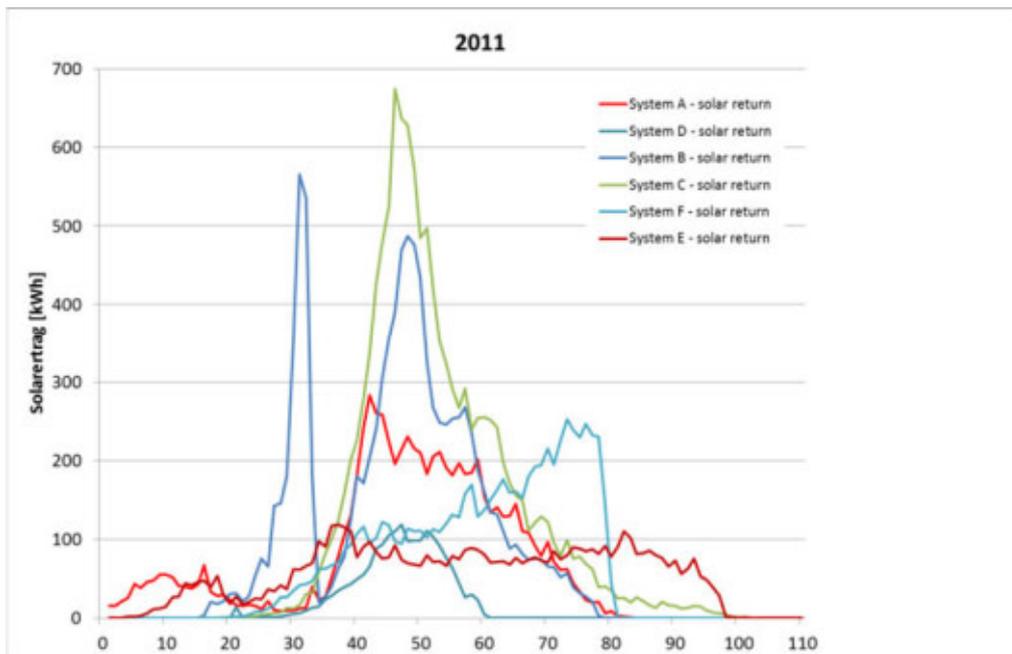
Jänner bis März 2013

System G	
Jan - März 2013	
SPF _{SWP} [-]	↑ 2,61
SPF _{WP} [-]	2,31
SPF _{Sol} [-]	21,59
SPF _{System} [-]	2,29
→ SD [%]	5,31
→ q _{koll} [kWh/m ² a]	64,0

$$SPF_{SWP} = \frac{Q_{Erzeugung}}{E_{SWP}} \quad SPF_{Solar} = \frac{Q_{Solar}}{E_{Solarpumpe}}$$

$$SPF_{WP} = \frac{Q_{WP}}{E_{WP}} \quad SPF_{System} = \frac{Q_{Nutz}}{E_{SWP}}$$

Solarerträge System A-F



Zusammenfassung



	q_{Koll} [kWh/m ²]		SD [%]		SPF _{WP} [-]		SPF _{SWP} [-]		SPF _{System} [-]		SPF _{Sol} [-]	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
System A	486,9	435,9	21,1	22,5	2,79	2,38	3,34	3,00	2,74	2,39	56,99	51,11
System B	516,9	493,1	22,2	29,2	2,84	2,86	3,38	3,64	2,73	2,95	59,57	57,95
System C	494,7	421,3	46,8	46,6	3,72	3,61	6,14	5,73	3,79	3,09	173,64	174,30
System D	312,8	243,1	13,7	10,2	2,54	2,70	2,93	3,04	2,00	2,04		
System E	412,4	351,9	51,5	39,0	1,27	1,24	2,28	2,00	1,99	1,98	90,44	87,56
System F	254,3	254,7	30,6	27,6	2,30	2,35	2,87	2,90	2,05	1,94		

Jänner bis März 2013

	q_{Koll} [kWh/m ²]	SD [-]	SPF _{WP} [-]	SPF _{SWP} [-]	SPF _{System} [-]	SPF _{Sol} [-]
System G	64,0	5,31%	2,31	2,61	2,29	21,59

Erkenntnisse aus dem Feldtest

- ❖ Thermische Solaranlagen verbessern den SPF des Hybridsystems erheblich (bei den Messanlagen zwischen 20% und 65%).
- ❖ Gute Betriebsbedingungen für das Solarsystem führten bei den Messanlagen zu hohen spezifischen Solarerträgen (durchwegs zwischen 400 und 500 kWh/m²a)
- ❖ Sensible Reaktion von Wärmepumpen (SPF) auch auf kleinste Planungs- und Installationsfehler (Fühlerpositionen, Speicheranschlüsse, Schichtung, etc.) als auch auf suboptimale Reglereinstellungen (WW-Modus, Solltemperaturen, Laufzeiten, etc.)
- ❖ Speicher zeigten sich hier als zentrale Komponente
- ❖ Exergieverluste durch Beimischung (Heizungsverteilung) sind häufig anzutreffen und führen zur Reduktion des SPF
- ❖ Verbesserungspotenzial im Bereich Systemeffizienz (Wärmeverluste, elektrische Antriebe, Regelung, etc.)
- ❖ Abgestimmte Systeme mit hohem Standardisierungs- und Vorfertigungsgrad zeigen Vorteile



Workshop „Solarthermie und Wärmepumpenkombinationen – Heizsysteme der Zukunft?“
18. April 2013 – Greiner Sun House, Eberstalzell

Solarthermie und Wärmepumpensysteme

Danke für die Aufmerksamkeit !



Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds
finanziert und von der österreichischen
Forschungsförderungsgesellschaft abgewickelt.

