

Feldtest von drei kombinierten Solarthermie- Wärmepumpenanlagen mit geothermischen Wärmequellen

Dr. Anja Loose

Dr.-Ing. Harald Drück

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS)

Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Email: loose@itw.uni-stuttgart.de
Internet: www.itw.uni-stuttgart.de

Inhalt des Vortrags

- ☀ Einführung
- ☀ Projekt WPSol
- ☀ Feldteststandorte
- ☀ Ergebnisse aus Monitoring
 - Anlage #3 (Eisspeicher)
 - Anlage #4 (Erdwärmesonden)
 - Anlage #6 (Energiekörbe)
- ☀ Zusammenfassung und Ausblick



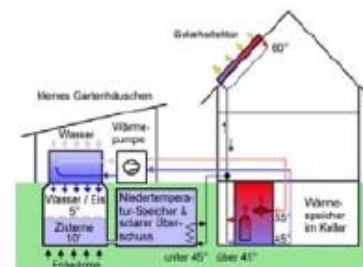
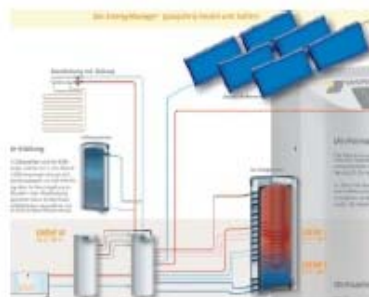
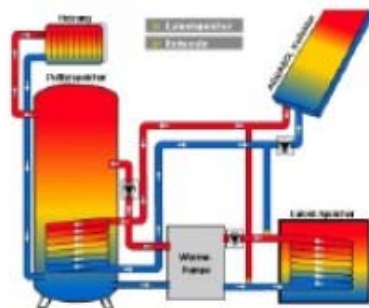
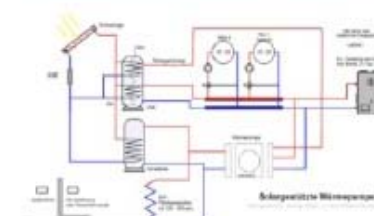
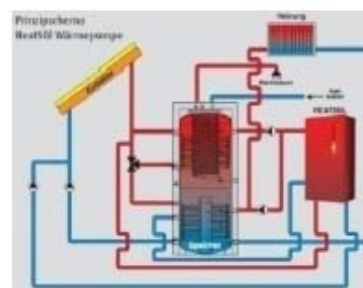
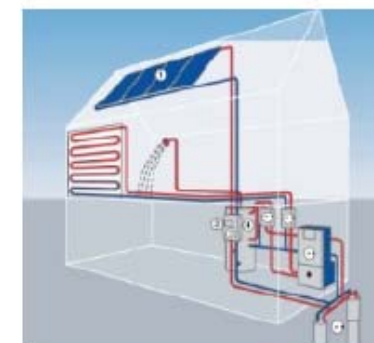
Quelle: IEA Heat Pump Centre Newsletter

Marktsituation

- Über 100 sehr unterschiedliche Systemkonzepte mit Wärmepumpen und Solarthermie-Kombination auf dem Markt

Beurteilung??

Vergleich??



ITW-Projekt WPSol

➤ „Leistungsprüfung und ökologische Bewertung von kombinierten Solar-Wärmepumpenanlagen“, 09/2010 – 08/2013

➤ Motivation:

Keine objektiven Beurteilungskriterien verfügbar, um Solarthermie und Wärmepumpensysteme zu vergleichen, bisher keine Normen vorhanden → benötigt werden neue Prüfverfahren

- im Labor (dynamisches Verhalten der WP)
- in realen Gebäuden (in Situ-Monitoring)

➤ **IEA Solar Heating & Cooling Programme Task 44 – HPP Annex 38**
“Solar and Heat Pump Systems”, 2010 - 2013

Projekt WPSol, In Situ Monitoring

➤ Feldtest: 6 Anlagen in Deutschland

- 1) Luft/Wasser Split Wärmepumpe mit solarthermischen Flachkollektoren und Gas-Brennwertkessel (Hybrid System)
- 2) Luft/Wasser Split Wärmepumpe mit Flachkollektoren und Hydraulikplattform
- 3) **Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Eisspeicher, solarthermischen Flachkollektoren und "Solar-Luft"- Absorbern**
- 4) **Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, Flachkollektoren, extra Sole-Pufferspeicher, Erdreichregeneration und passiver Kühlung**
- 5) Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Flachkollektoren, Schichtlademodul
- 6) **Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Solardachpfannen und Erdkörben**

Projekt WPSol, In Situ Monitoring



Osnabrück

Bielefeld

Marburg

Stuttgart

Erding

Füssen

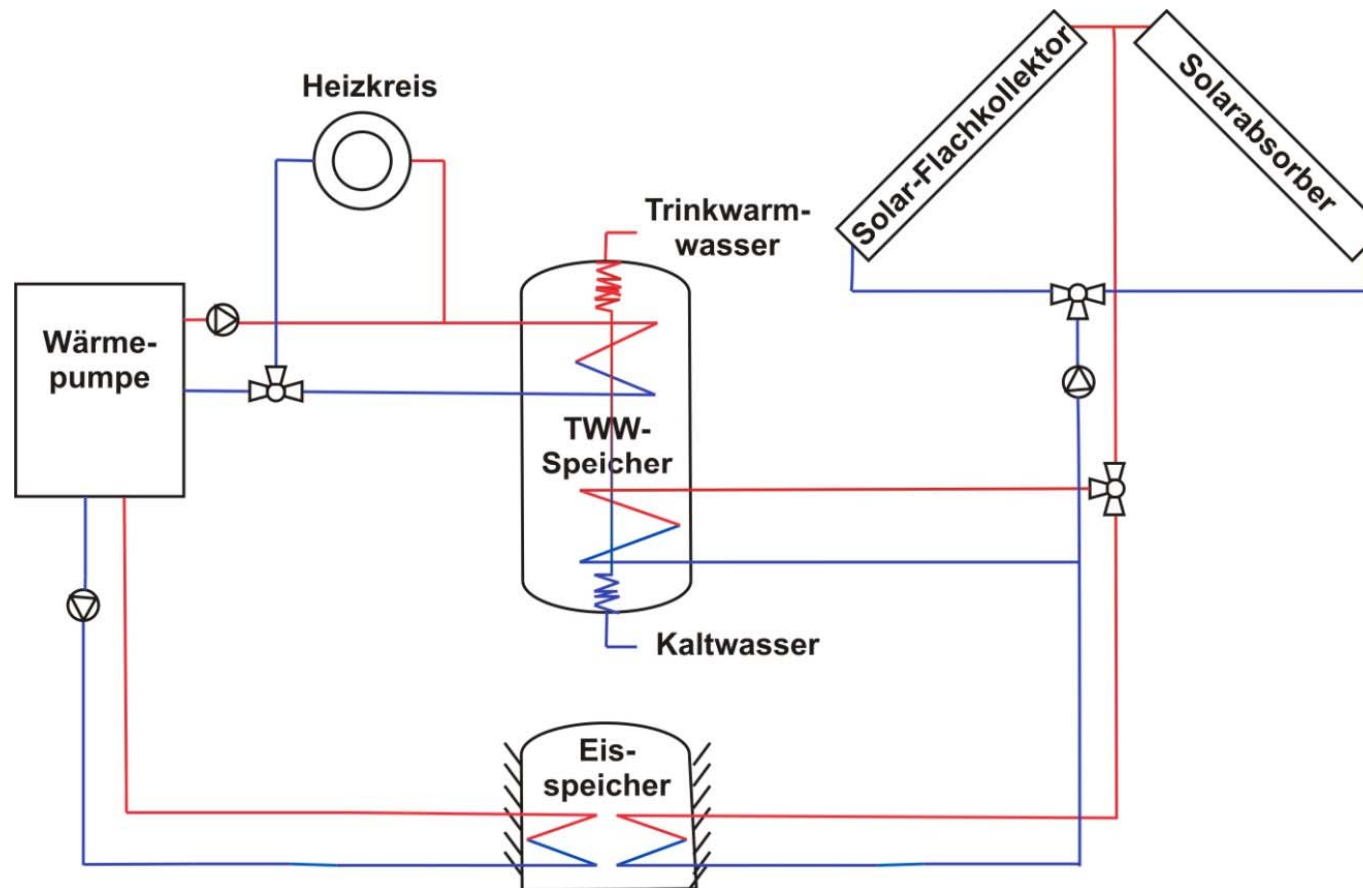
WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Eisspeicher, solarthermischen Flachkollektoren und “Solar-Luft”- Absorbern
- Einfamilienhaus Großraum Marburg



WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Eisspeicher, solarthermischen Flachkollektoren und “Solar-Luft”- Absorbern



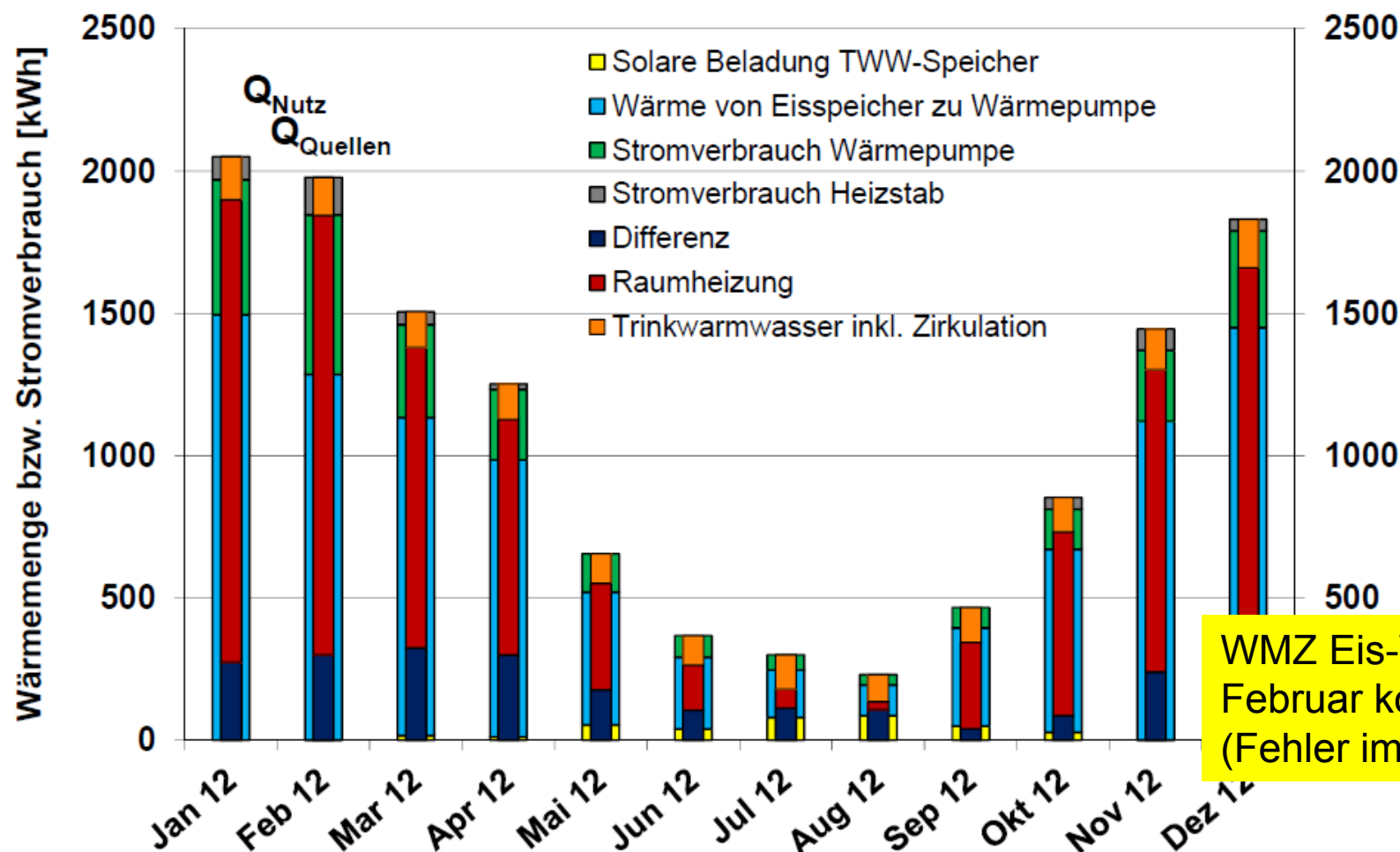
WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

■ Technische Daten

Ort	Louisendorf, Deutschland Koordinaten: 51.1° N, 8.9° E, Höhe über NN: 406 m
Gebäude	Typologie: Einfamilienhaus (2 Personen + 1 Kind seit 05/2012) Wohnfläche: 175 m ² , Fußbodenheizung Baujahr: 2010 Heizwärmebedarf: 51,3 kWh/(m ² a), Warmwasserbedarf: 8,6 kWh/(m ² a)
Wärmepumpe	Quelle: Eisspeicher (solare und geothermische Gewinne) Wärmeleistung: 6,0 kW Sole/Wasser COP 4,6 (B0/W35 EN 14511)
Sonnenkollektoren	Orientierung: süd-ost Typologie: solarthermische Flachkollektoren, Aperturfläche 5 m ² Kollektorkennwerte: $\eta_0 = 0,793$, $a_1 = 4,04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $a_2 = 0,0182 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$ Absorber: 8 m ² (für solare Einstrahlung), entspr. 20 m ² (für Wärme aus Umgebungsluft)
Speicher	220 l TWW Pufferspeicher integriert in Wärmepumpe
Eisspeicher	12 m ³ Betontank im Erdreich (Latentwärmespeicher, Speichermedium Wasser/Eis)

WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

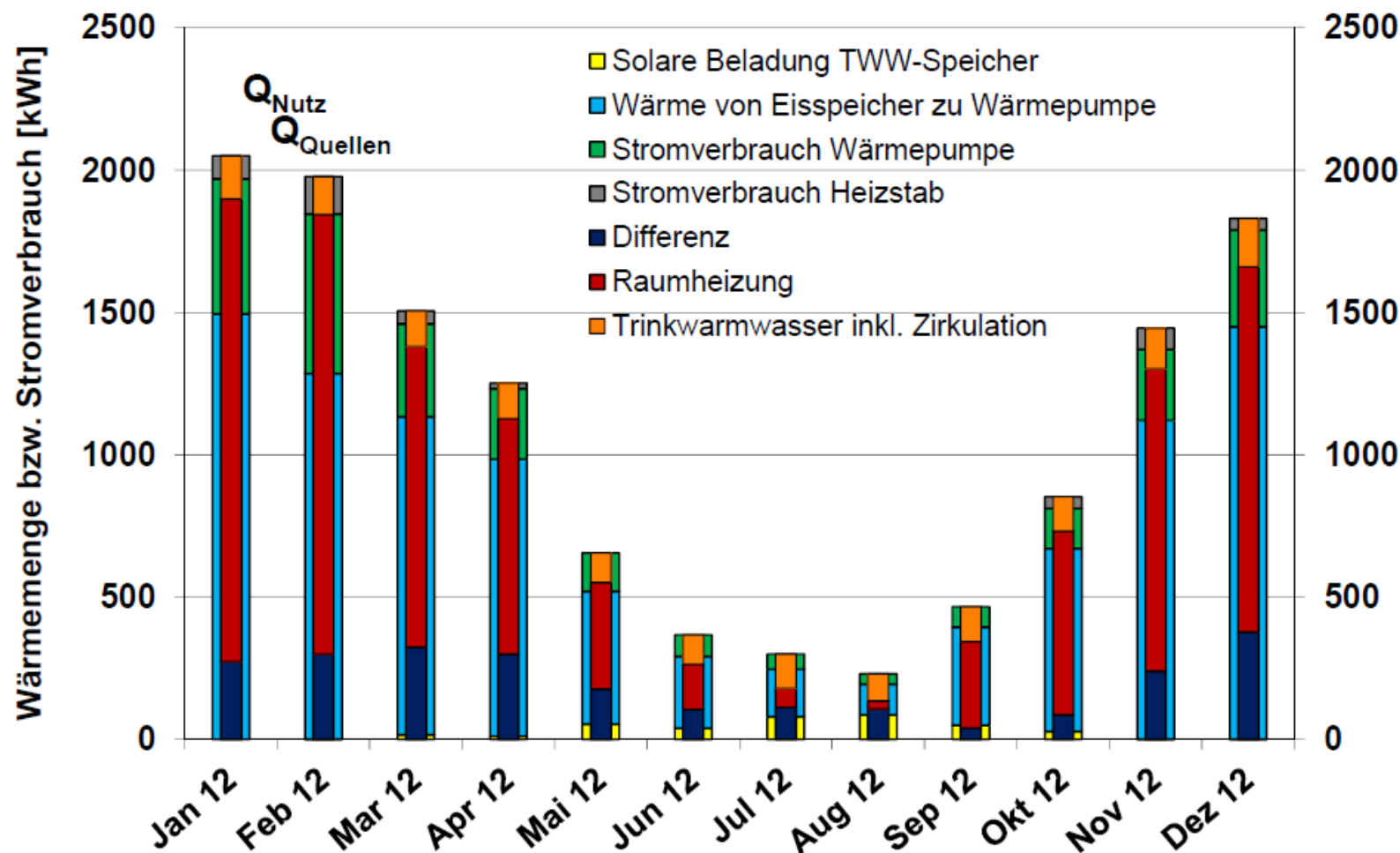
❖ Monatliche Energiebilanzen für das Jahr 2012, Messwerte aus Monitoring



WMZ Eis-WP für
Februar korrigiert
(Fehler im Skript)!

WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

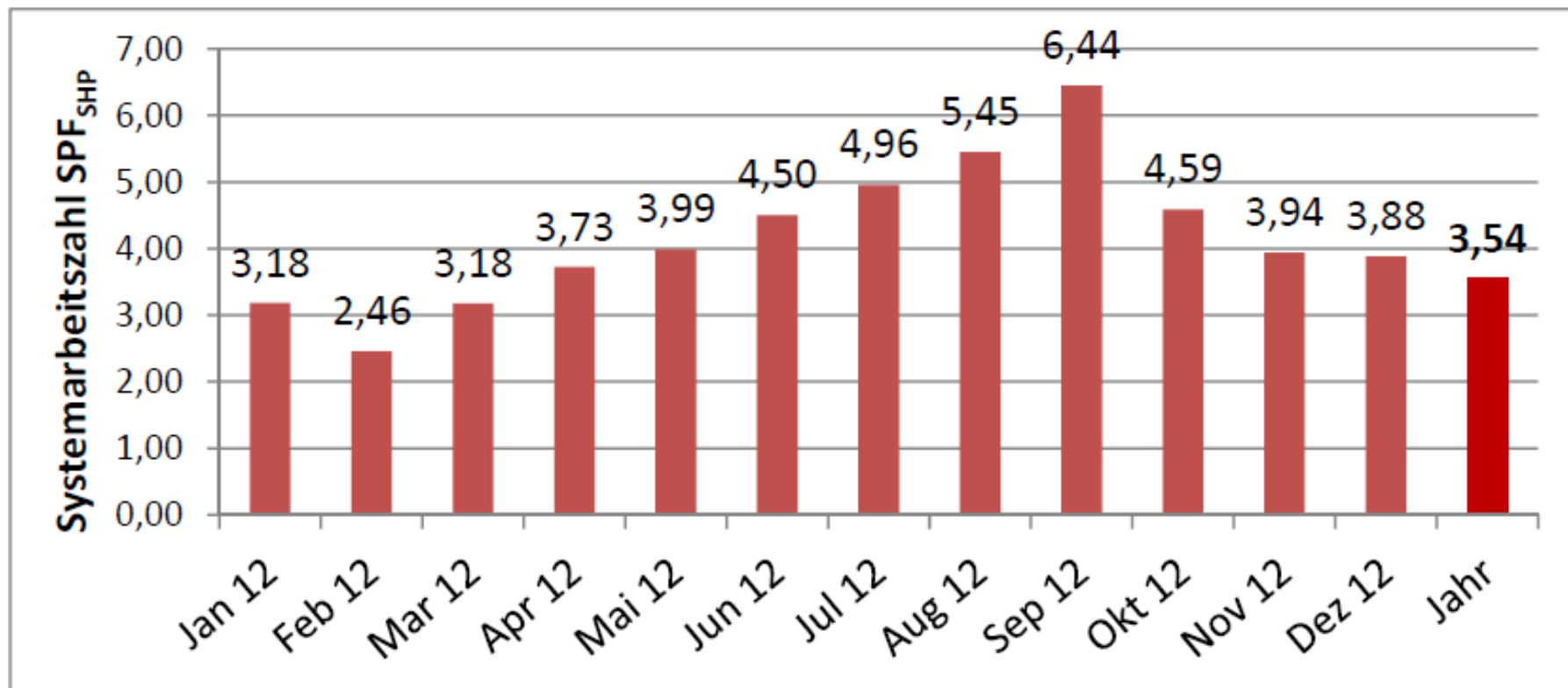
❖ Monatliche Energiebilanzen für das Jahr 2012, Messwerte aus Monitoring



WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

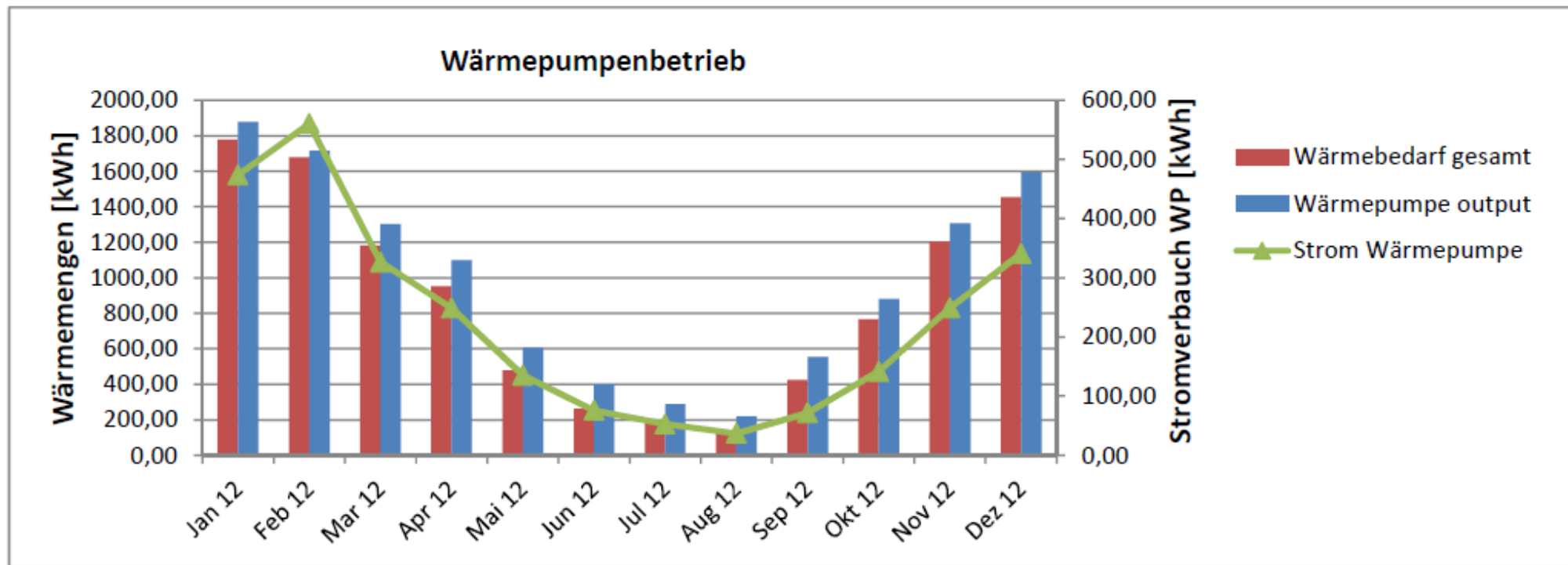
❖ Jahresbilanzierung Arbeitszahl Gesamtsystem nach Task 44/Annex 38

()



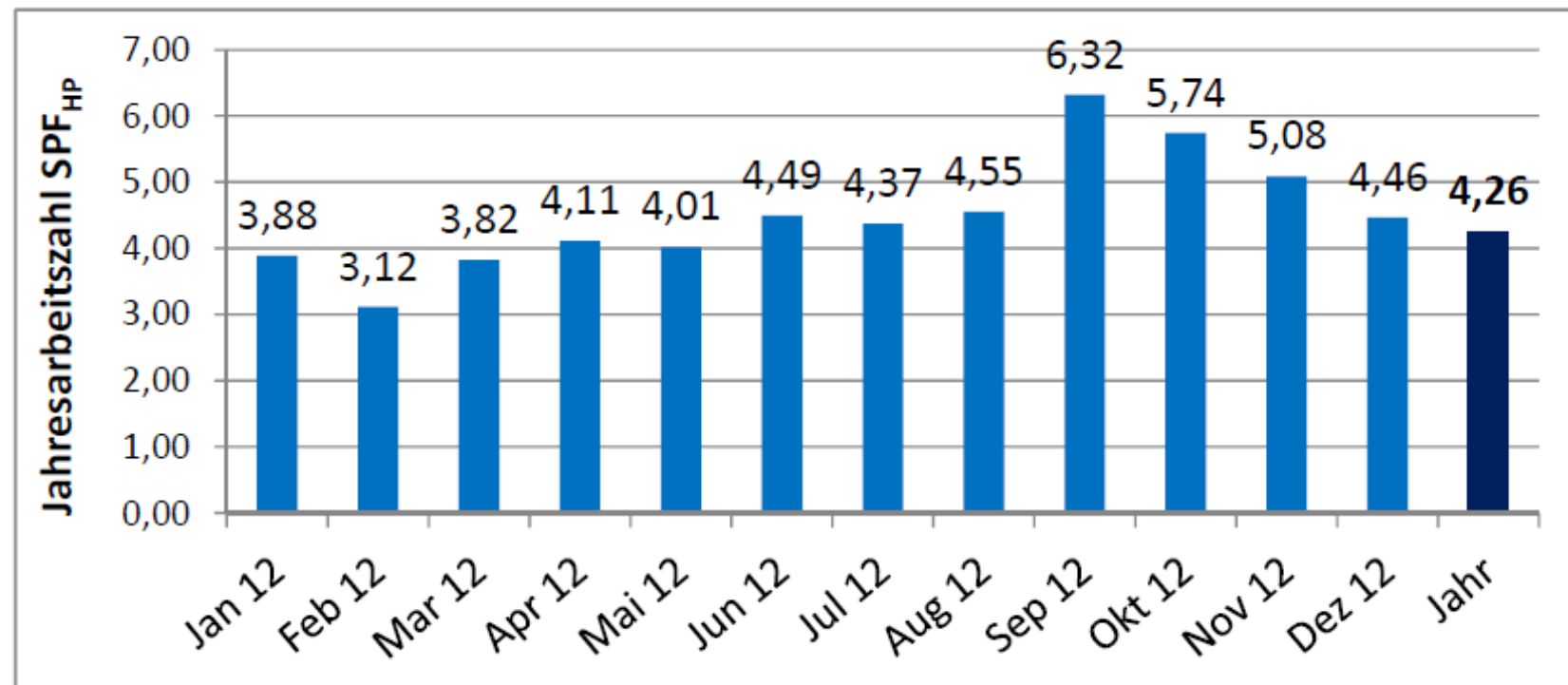
WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

❖ Jahresbilanzierung Wärmepumpe



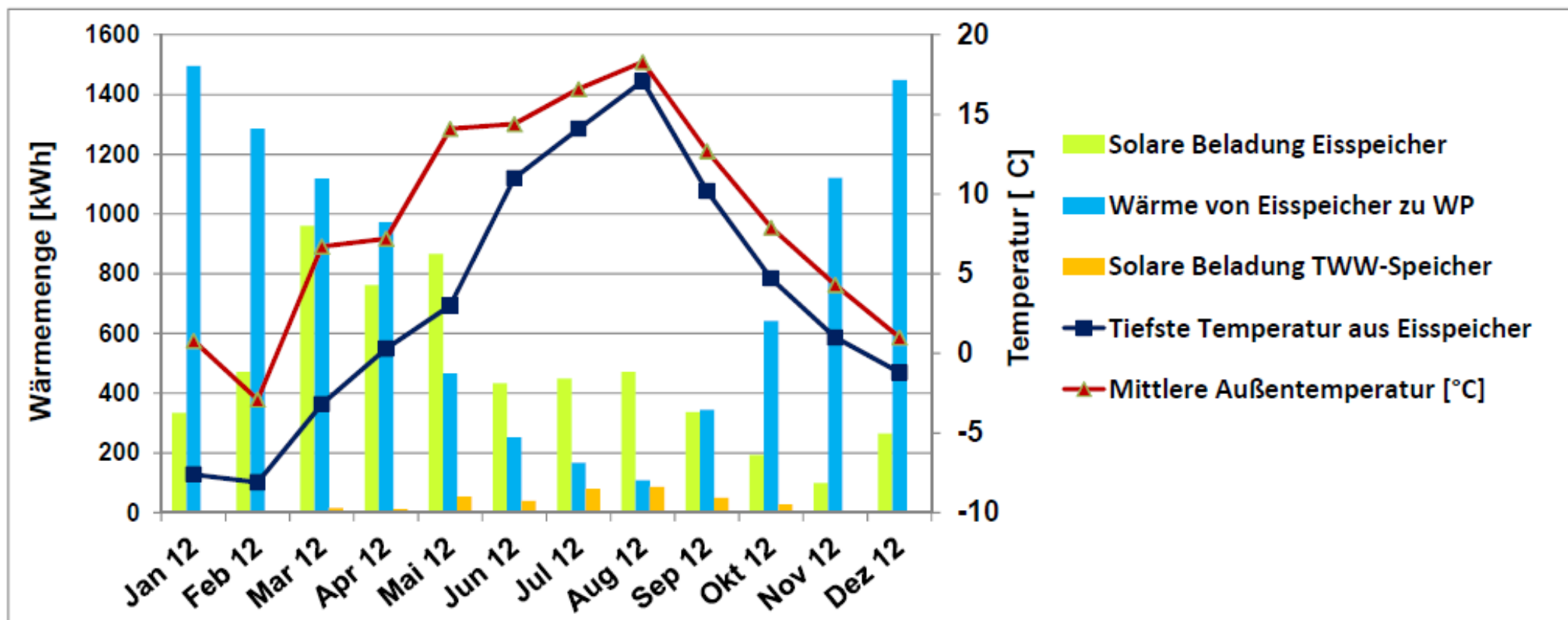
WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

❖ Jahresbilanzierung Wärmepumpe



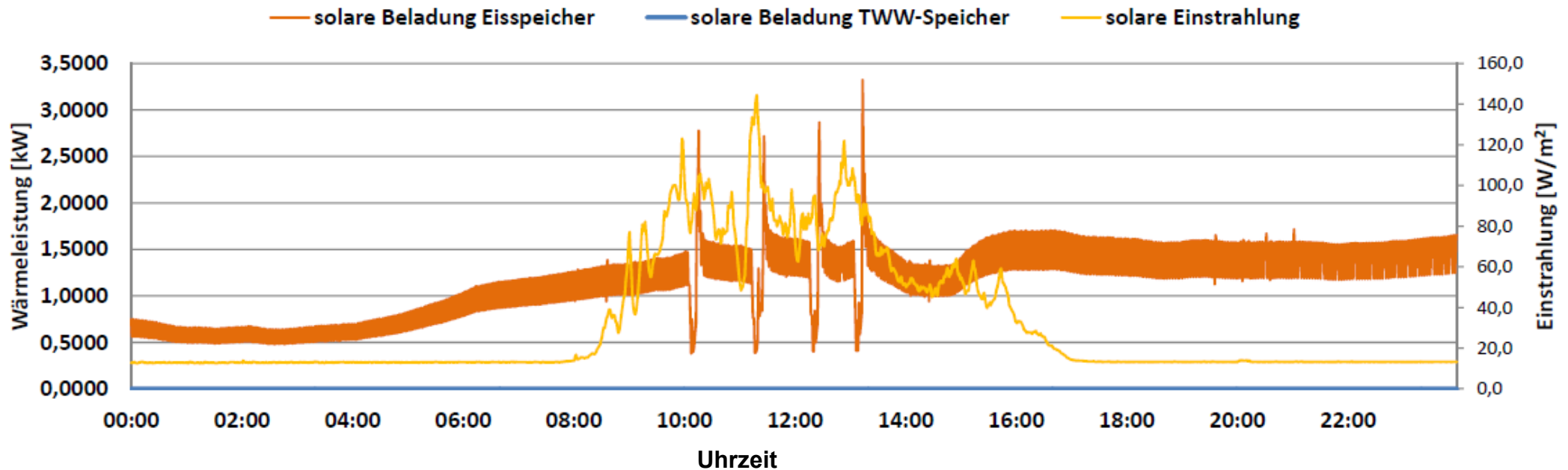
WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

❖ Jahresbilanzierung Eisspeicher



WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

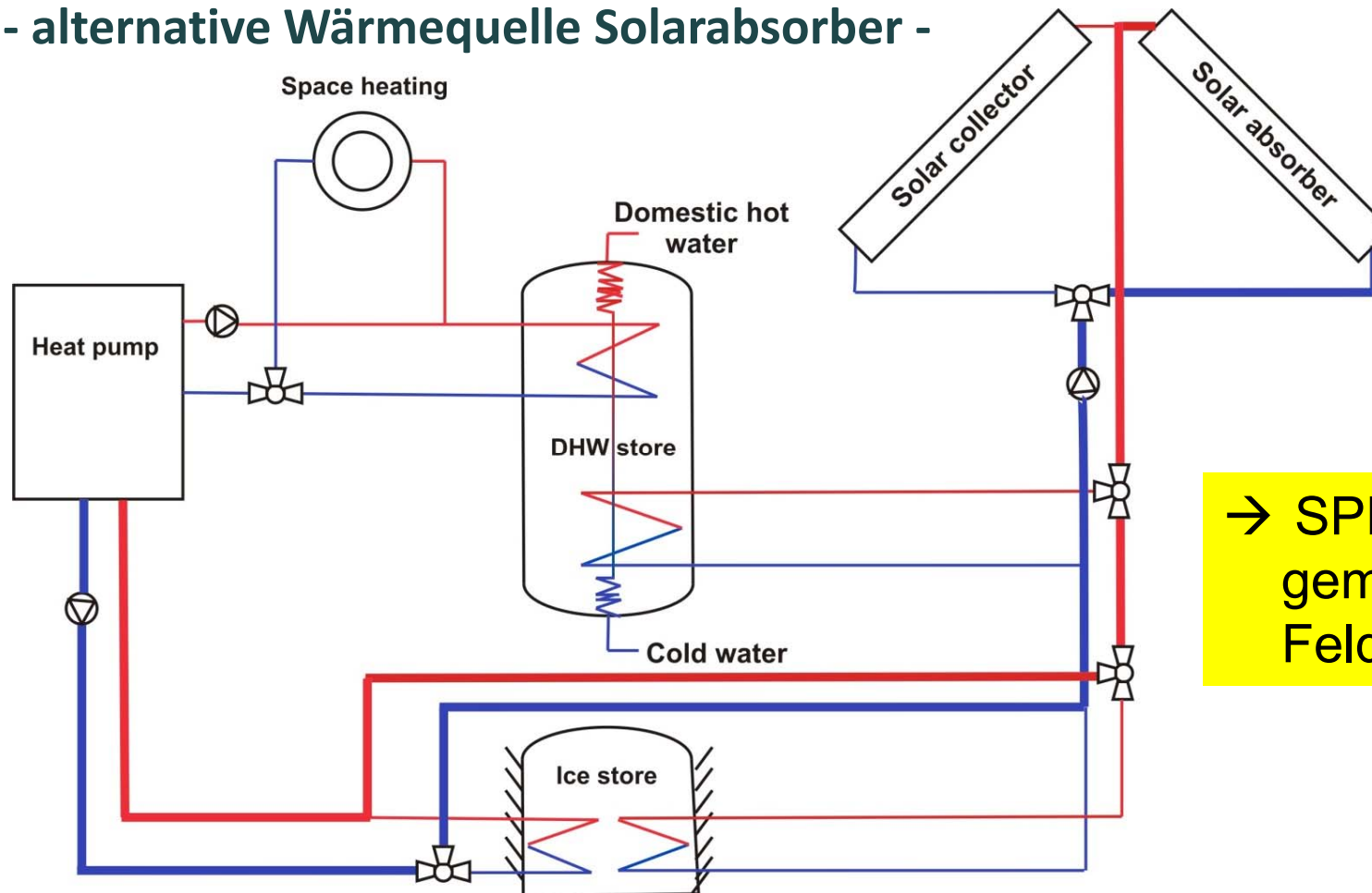
❖ Solarerträge am 29. Januar 2013



→ Solarabsorber erzielen mehr Ertrag
als solare Einstrahlung liefert.

WPSol Feldtest-Anlage 3 – Eisspeicher

- ❖ Ausblick für zukünftige Anlagen: Wärmequellenmanagement
- alternative Wärmequelle Solarabsorber -



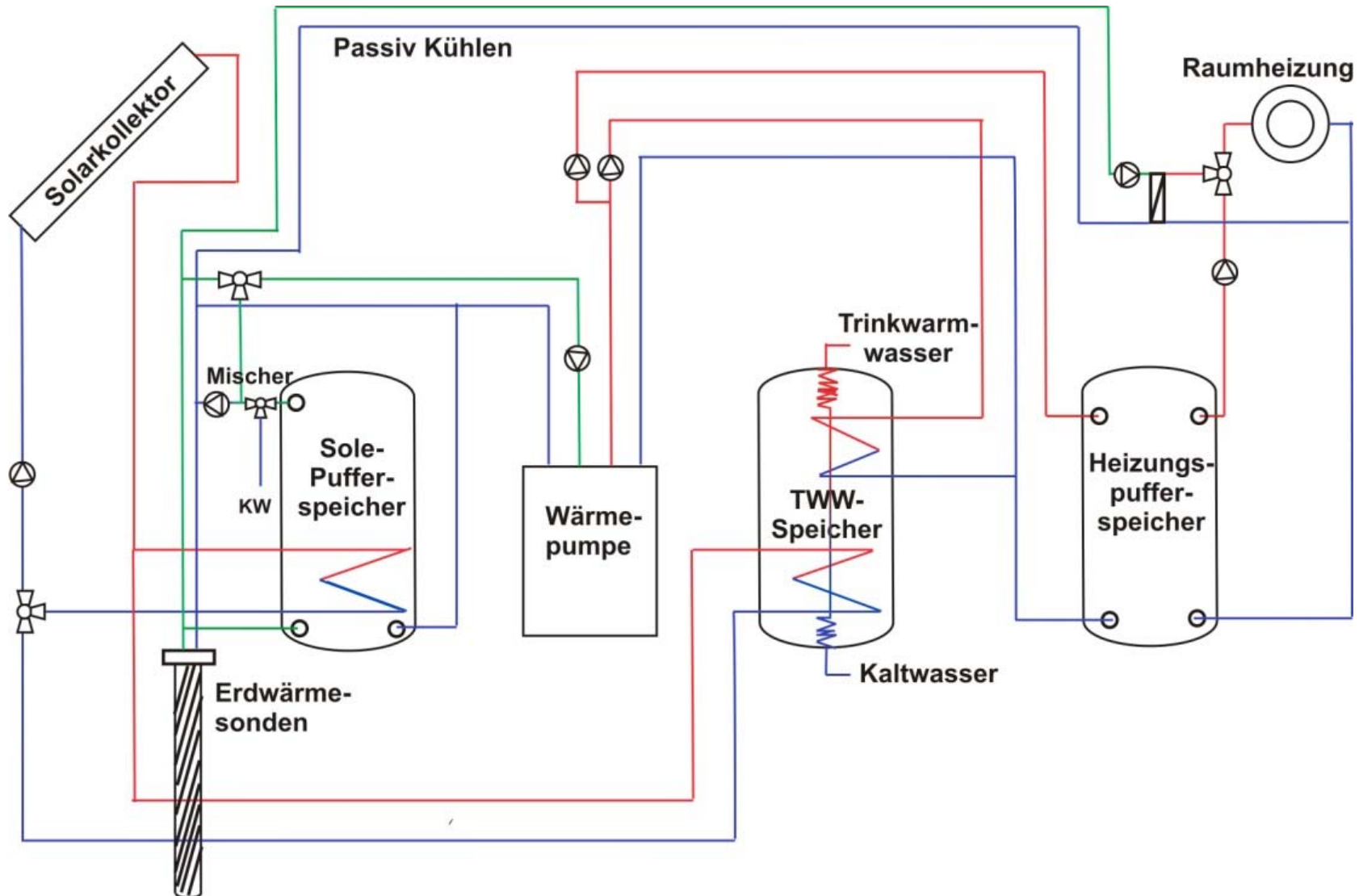
→ SPF_{SHP} von 4
gemessen im
Feldtest

WPSol Feldtest-Anlage 4 – Erdwärmesonden

- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, Flachkollektoren, extra Sole-Pufferspeicher, Erdreichregeneration und passiver Kühlung
- Zwei-Familienhaus in Stuttgart



WPSol Feldtest-Anlage 4 – Erdwärmesonden



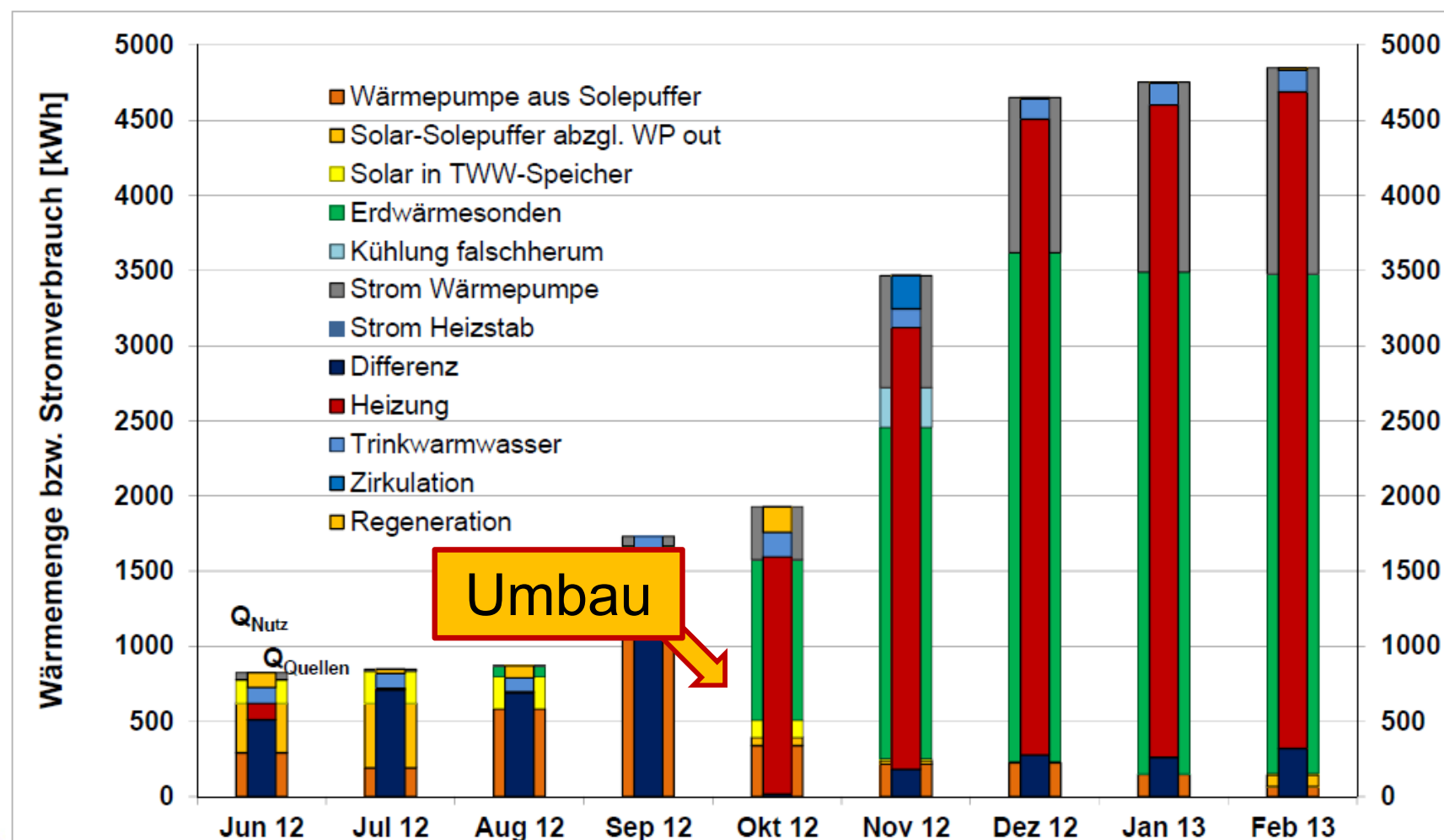
WPSol Feldtest-Anlage 4 – Erdwärmesonden

■ Technische Daten

Ort	Stuttgart, Deutschland Koordinaten: 48.8° N, 9.2° E, Höhe über NN: 442 m
Gebäude	Typologie: Zweifamilienhaus (4 Personen) Wohnfläche: 281,4 m ² , Fußbodenheizung Baujahr: 1958, Renovierung: 2011 Heizwärmebedarf: geschätzt 22.850 kWh (81,2 kWh/(m ² a)) Warmwasserbedarf: geschätzt 1.419 kWh (5,0 kWh/(m ² a))
Wärmepumpe	Quelle: 2 x 95 m Erdwärmesonden, 70 l Solespeicher (solarthermisch) Wärmeleistung: 17,0 kW Sole/Wasser COP 4,7 (B0/W35 EN 14511)
Sonnenkollektoren	Orientierung: süd Typologie: solarthermische Flachkollektoren, Aperturfläche 10 m ² Kollektorkennwerte: $\eta_0 = 0,793$, $a_1 = 4,04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $a_2 = 0,0182 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$
Speicher	400 l Heizungs-Pufferspeicher 390 l TWW-Pufferspeicher

WPSol Feldtest-Anlage 4 – Erdwärmesonden

❖ Monatliche Energiebilanzen, Messwerte aus Monitoring



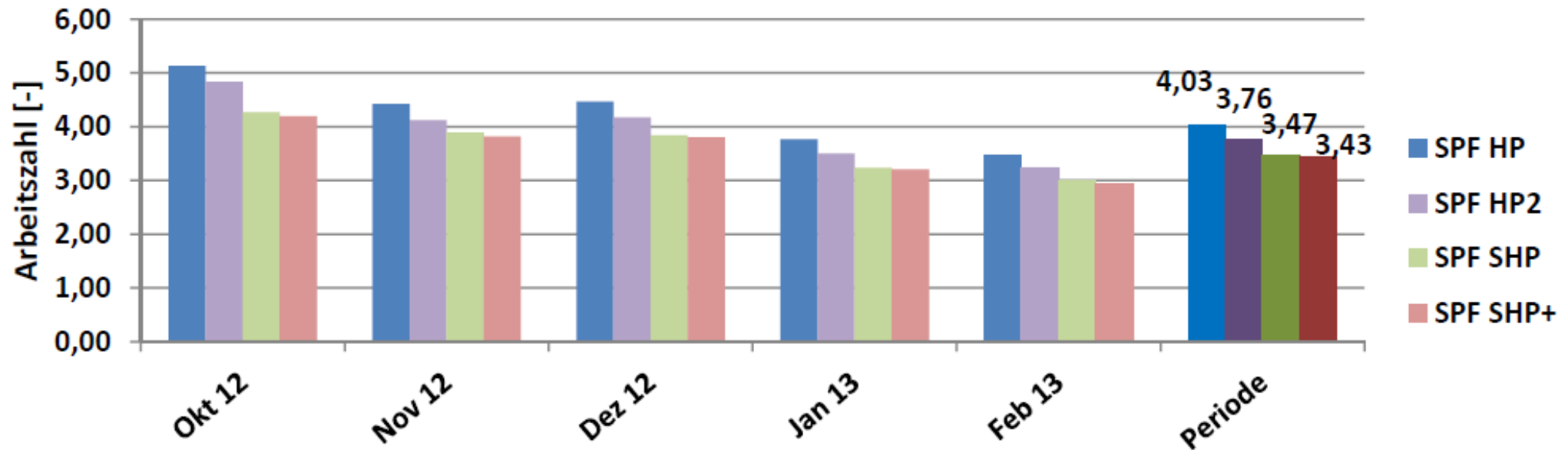
WPSol Feldtest-Anlage 4 – Erdwärmesonden

■ Bilanzierung Arbeitszahlen

()

()

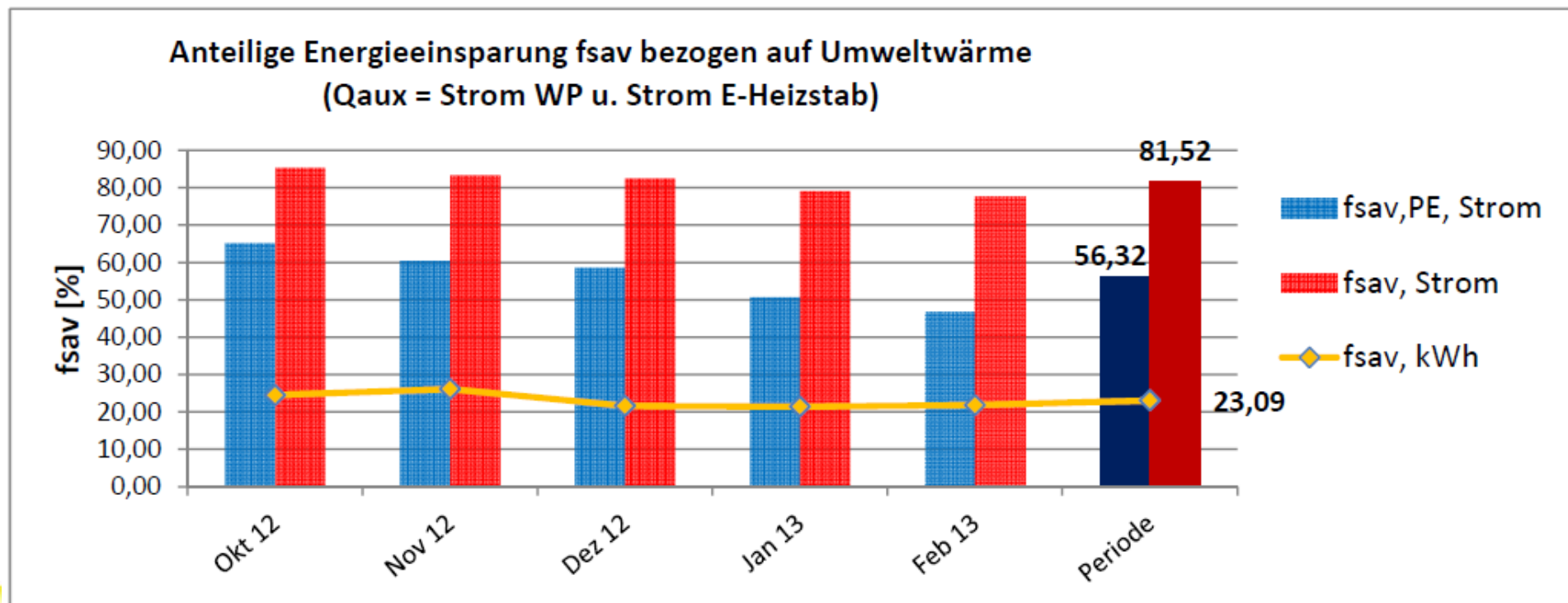
Arbeitszahlen System und Wärmepumpe



WPSol Feldtest-Anlage 4 – Erdwärmesonden

Bilanzierung Solaranlage

— mit
() und ()
() und —).



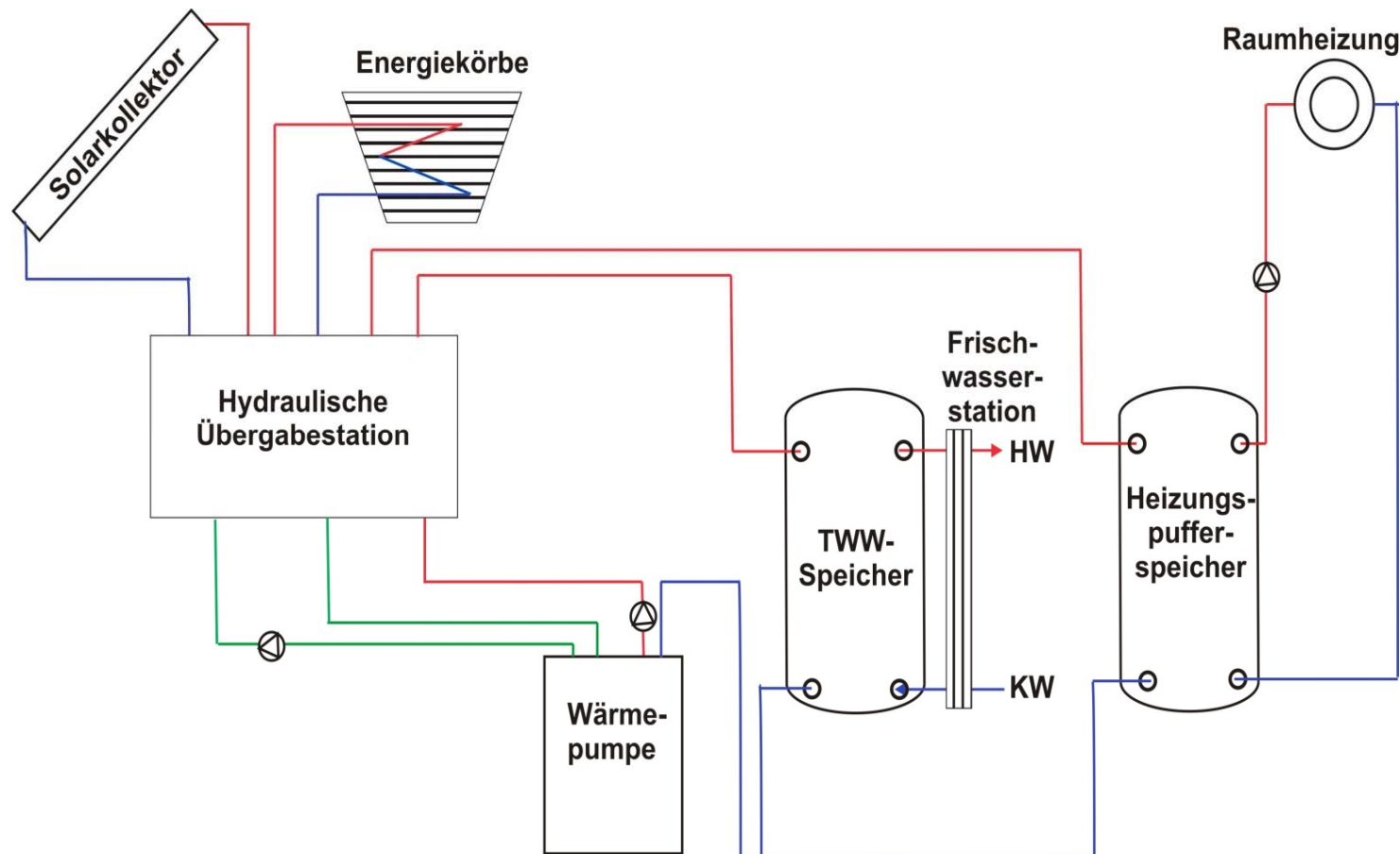
WPSol Feldtest-Anlage 6 – Energiekörbe

- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Solardachpfannen und Erdkörben
- Mehrfamilienhaus in Füssen (Bayern)



WPSol Feldtest-Anlage 6 – Energiekörbe

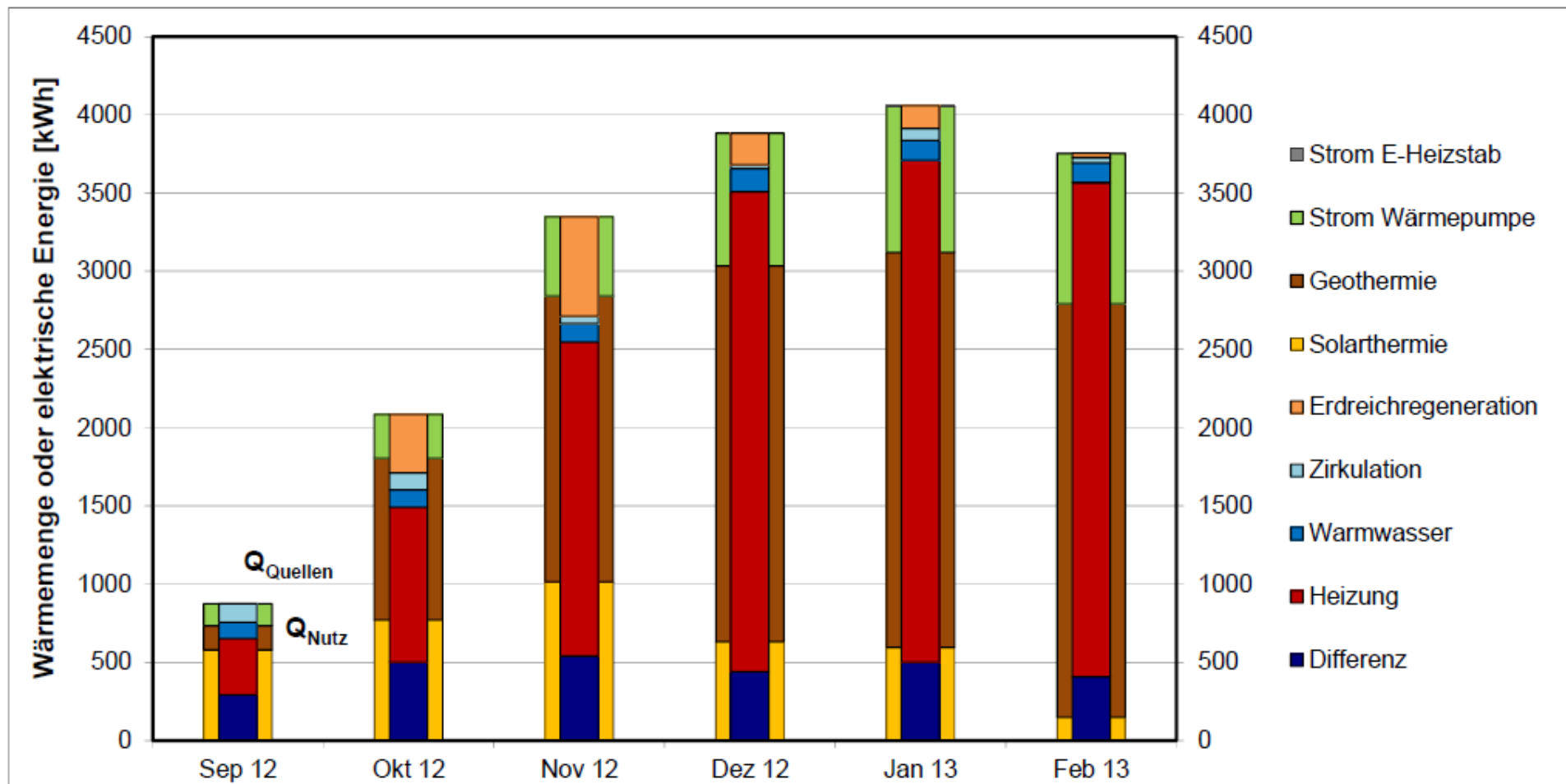
- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Solardachpfannen und Erdkörben



- Dreifamilienhaus
- Baujahr 1960
- Renovierung 2011
- 12 kW Sole/Wasser-WP
- 2 Erdkörbe a 1,5 kW
- 35 m² Solardachpfannen
- 400 l HZ-Puffer
- 400 l TWW-Speicher

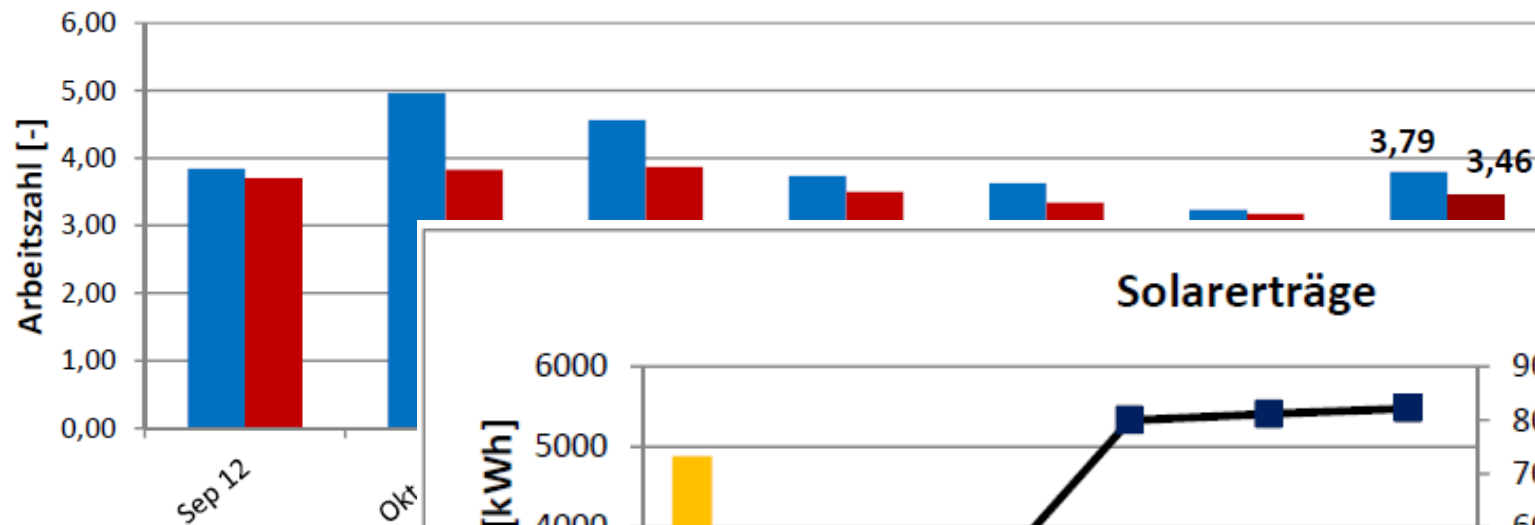
WPSol Feldtest-Anlage 6 – Energiekörbe

- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Solardachpfannen und Erdkörben

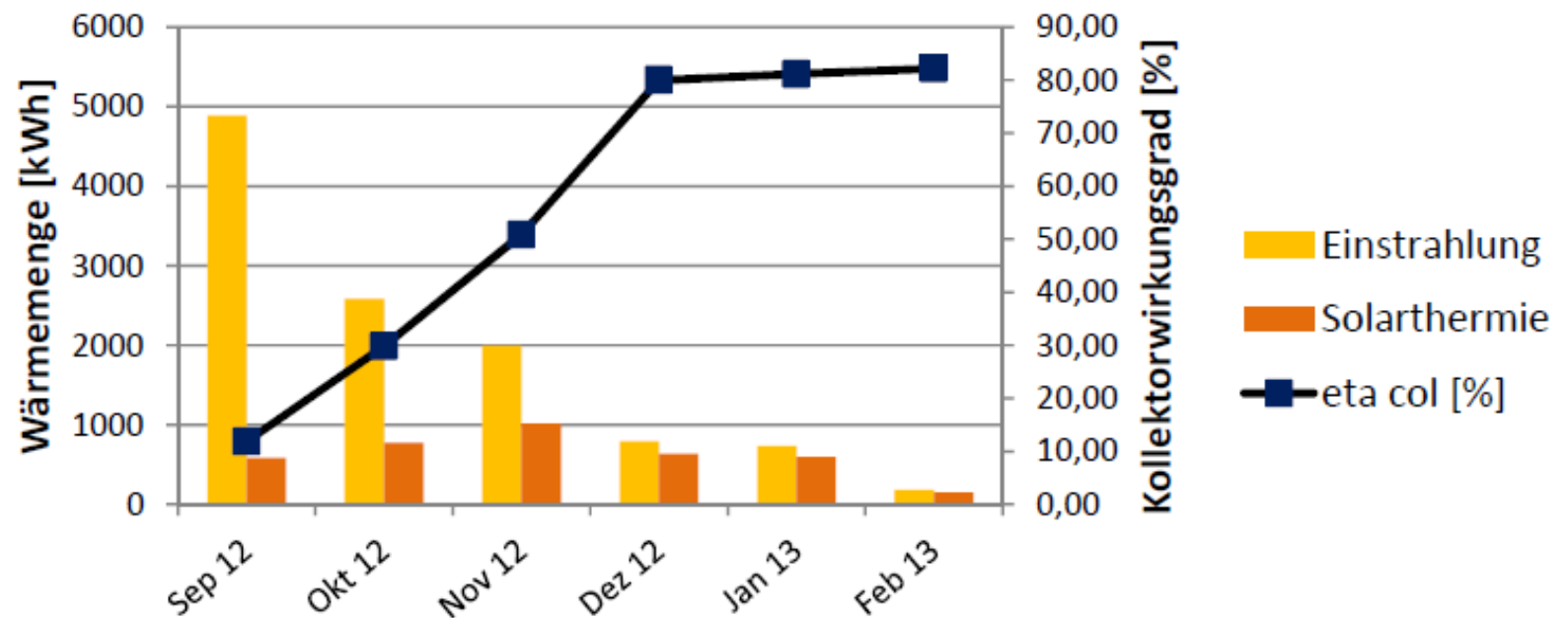


WPSol Feldtest-Anlage 6 – Energiekörbe

Arbeitszahlen Wärmepumpe und Gesamtsystem



Solarerträge



WPSol Feldtest-Anlagen

❖ Übersicht

Anlage	Eisspeicher	Erdsonden	Erdkörbe
Zeitraum	Jan-Dez 2012	Okt 2012 – Feb 2013	Sept 2012 – Feb 2013
Typ Heizung	FBH	FBH	Radiatoren
Spez. Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	51,3	geschätzt 81,2	-
Personen	2	4	-
SPF _{HP1} (Verdichter und Regelung) [-]	4,26	4,03	3,89
SPF _{HP2} (Verdichter, Regler, Primärpumpen) [-]	4,15	3,76	3,79
SPF _{SHP} [-]	3,54	3,47	3,46
Anteil elektr. Hilfsenergie [%]	33	11	10
η_{col} [%]	43,34	48,1	56,00
$f_{sav, Strom}$ [%]	80,81	81,52	81,47
$f_{sav, PE, Strom}$ [%]	54,64	56,32	56,21
$f_{sav, kWh}$ [%]	17,77	23,09	35,76
GWP [kg CO ₂ -Äq./kWh _{Nutzenergie}]	0,23	0,16	0,16
KEA [kWh _{PE} /kWh _{Nutzenergie}]	1,28	0,89	0,87

Zusammenfassung und Ausblick



Fazit:

- In vielen Fällen deckt die WP alleine den gesamten Heizwärmebedarf
- Solarer Deckungsanteil aus solarthermischer Sicht noch steigerungsfähig
- Anteil elektrischer Hilfsenergie wichtig für System-AZ, Optimierung notwendig
- Komplexe Systeme/viele potentielle Betriebszustände → Regelung wichtig!
- Arbeitszahlen bei Sole/Wasser-WP akzeptabel, aber Optimierungspotential



Ausblick:

- Das Monitoring wird noch weiter geführt und über die Projektlaufzeit verlängert.
- Ggf. Anschlussprojekt mit vereinfachten Feldtests
- Weitere Ergebnisse werden erwartet.



Zusätzlich Simulationen, Validierungen, Optimierungen, Ökobilanzen, Laborprüfungen...

Danke!



Foto: Solution

Das Projekt WPSol wird gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU