

Nationales Seminar i.R. des IEA HPT Annex 50

Erfahrungsbericht zu einer Wärmepumpenanwendung in einem MFH mit Eisspeicher & Solarthermie

René Rieberer, Robert Pratter, Richard Heimrath

Institut für Wärmetechnik – TU Graz

Infeldgasse 25/B

A 8010 Graz

<http://www.iwt.tugraz.at>

Kontakt: rene.rieberer@tugraz.at

www, 25.11.2020

Inhalt

- Einleitung
- Grundlagen
- Analyse des Systems in Weiz
- Validierung eines TRNSYS Simulationsmodelles
- Ausarbeitung einer Dimensionierungsrichtlinie
- Fazit

Anmerkung: Ein Großteil dieser Präsentation beruht auf Pratter R. (2017): „Validierung eines Solarkollektor-Eisspeicher-Wärmepumpensystems und Erstellung einer Dimensionierungsrichtlinie“, Masterarbeit, Institut für Wärmetechnik – TU Graz.

Einleitung

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit

Motivation:

- Energieeffizientes und umweltschonendes Heizsystem
- Relativ neue Technologie (Heizungstechnik)
- Keine Genehmigungen notwendig
- Keine Lärmbelastung

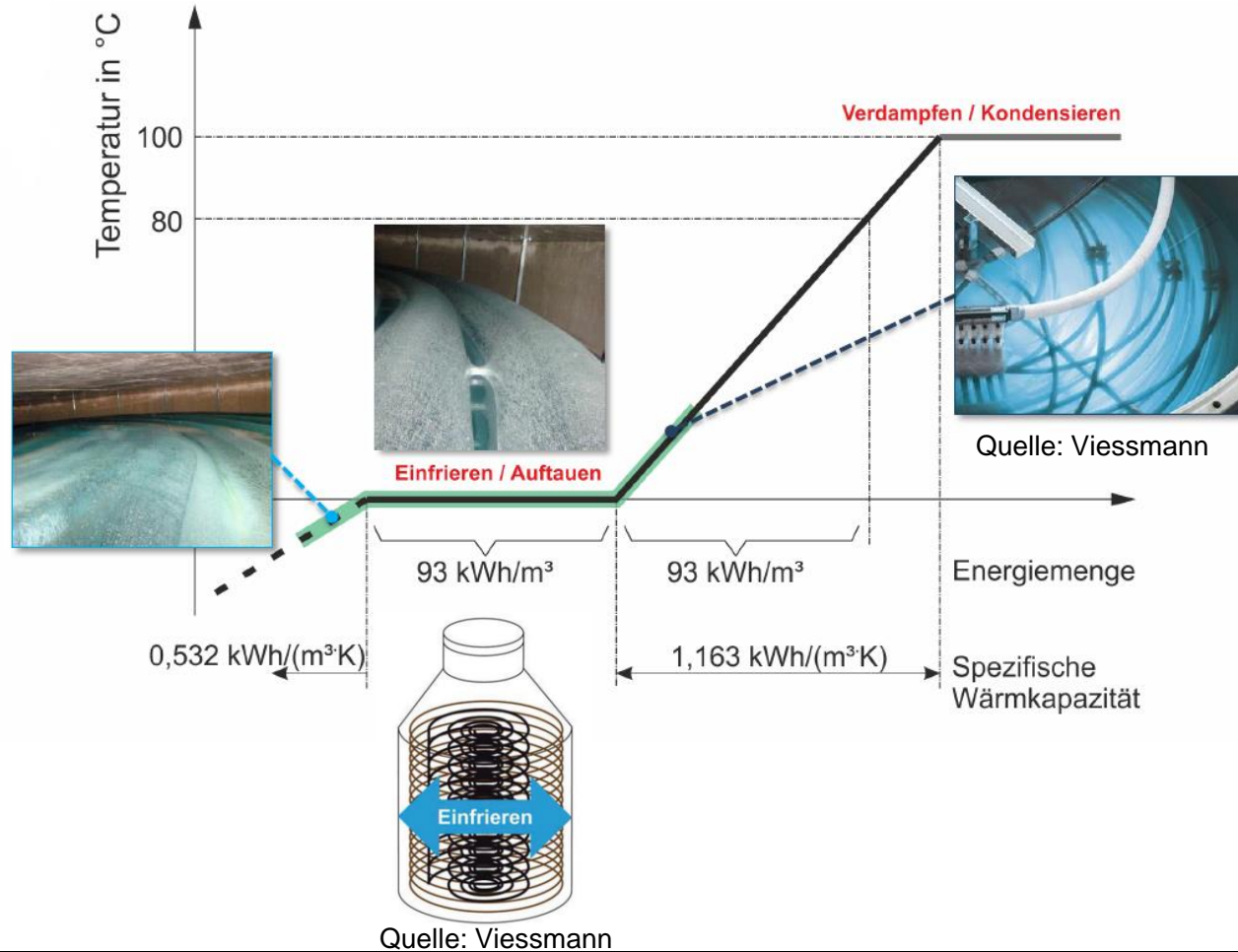
Ziel:

- Messdatenanalyse
- Validieren eines TRNSYS Simulationsmodelles
- Erstellen einer Dimensionierungsrichtlinie für Mehrfamilien-Wohngebäude auf Basis des Wärmebedarfs

Grundlagen

Prinzip der Latentwärmennutzung:

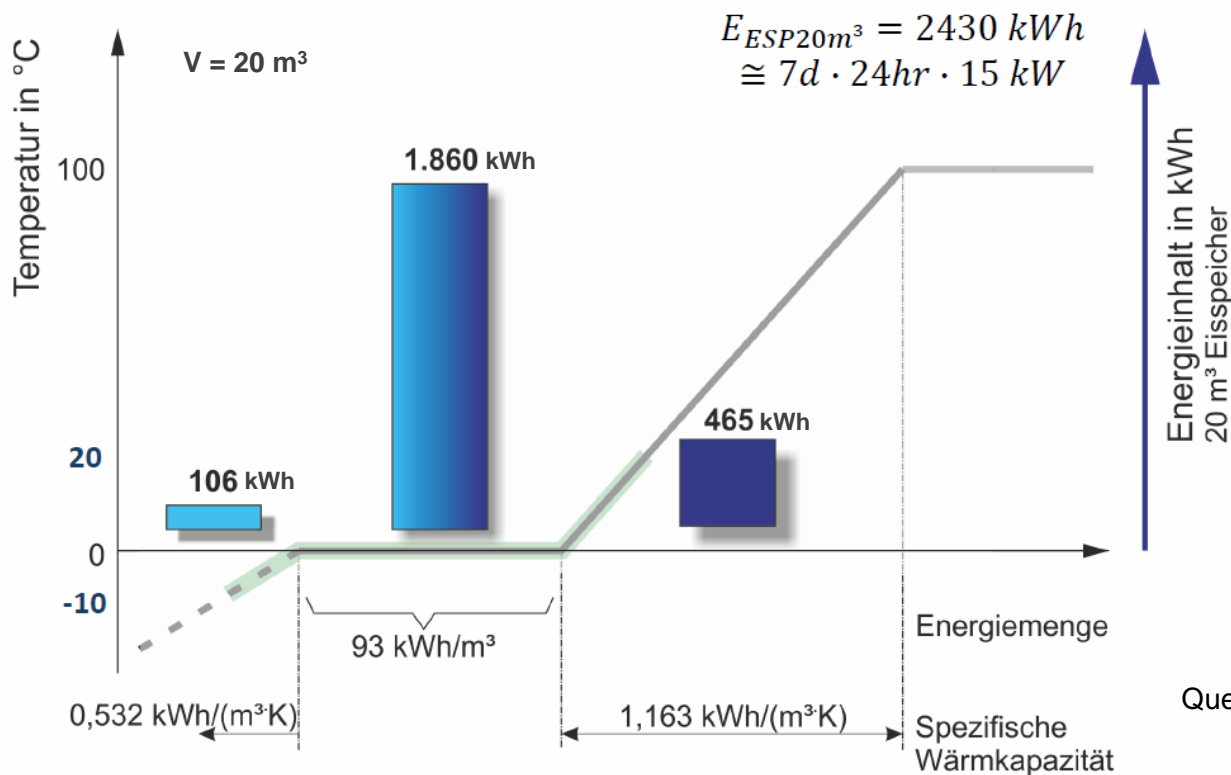
- Einleitung
- Grundlagen**
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit



Grundlagen

Prinzip der Latentwärmennutzung:

- Einleitung
- Grundlagen**
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit



Speichern der Energie auf niedrigem Temperaturniveau

=> Wärmegewinne statt Verluste!

Mehrfamilienhaus

Steiermark, Weiz, Bärenalweg 6

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

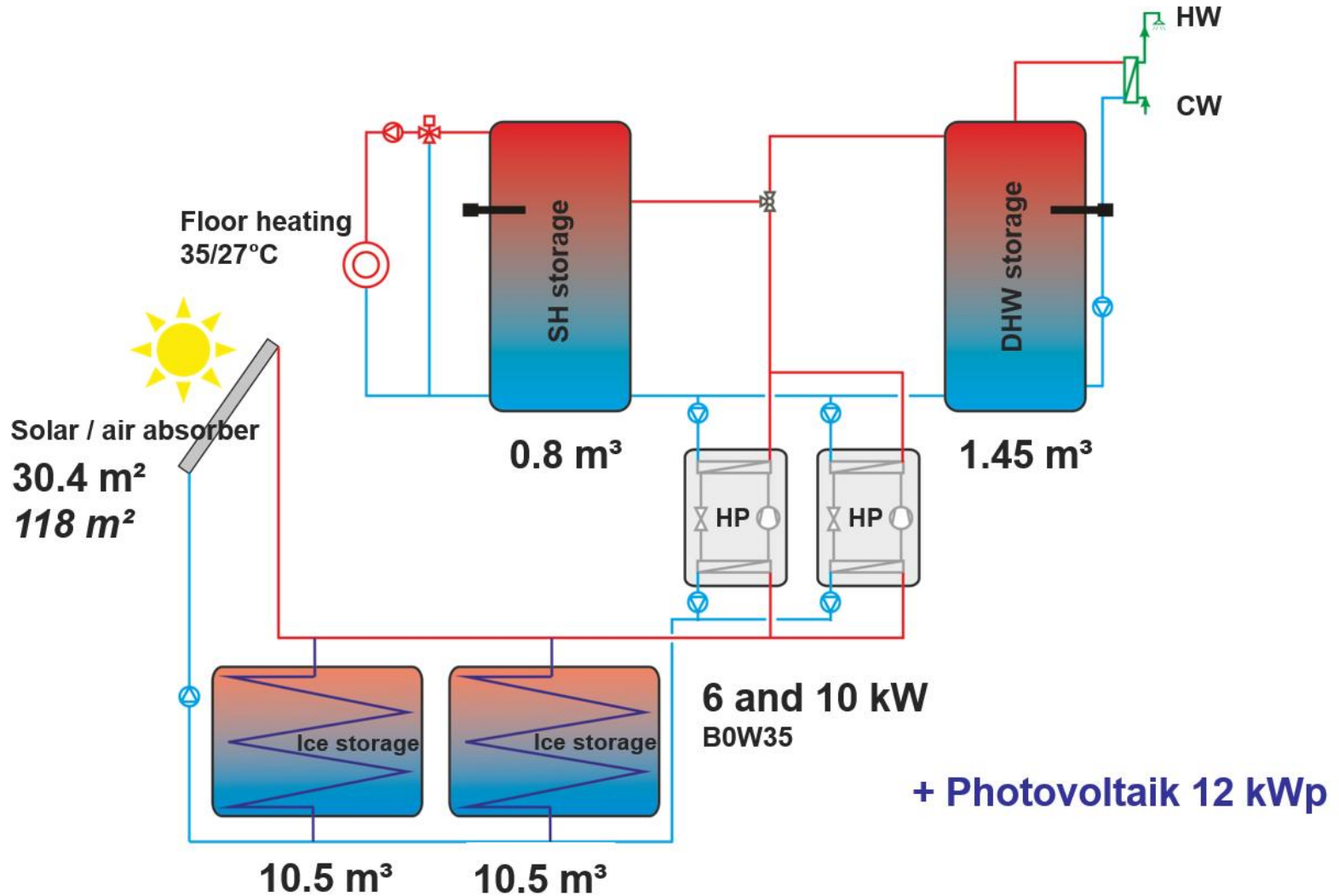
Fazit

- 10 Wohnungen (3 Geschöße)
- Baujahr: 2014/15
- 957 m² Bruttofläche beheizt (gesamte BF = 1477 m²)
- Passivhaus-Standard (HWB: 9,91 kWh/(m² a))
 - Holzriegelleichtbau
 - Fußbodenheizung
 - Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung



Hydraulik Schema

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit



Komponenten

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit



Solar / air absorber

30.4 m²

118 m²



Quelle: Projekt HOT ICE



Quelle: Viessmann

Komponenten

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

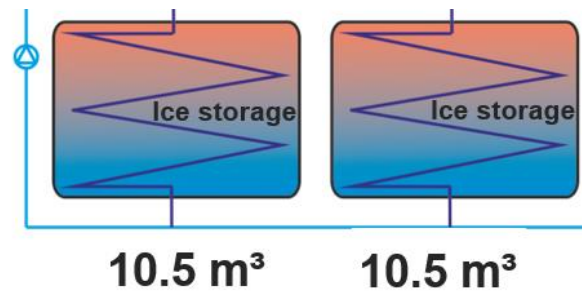
Validierung

Dimensionierung

Fazit



Quelle: Projekt HOT ICE



Betriebsmodi Solarkollektorbetrieb

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit

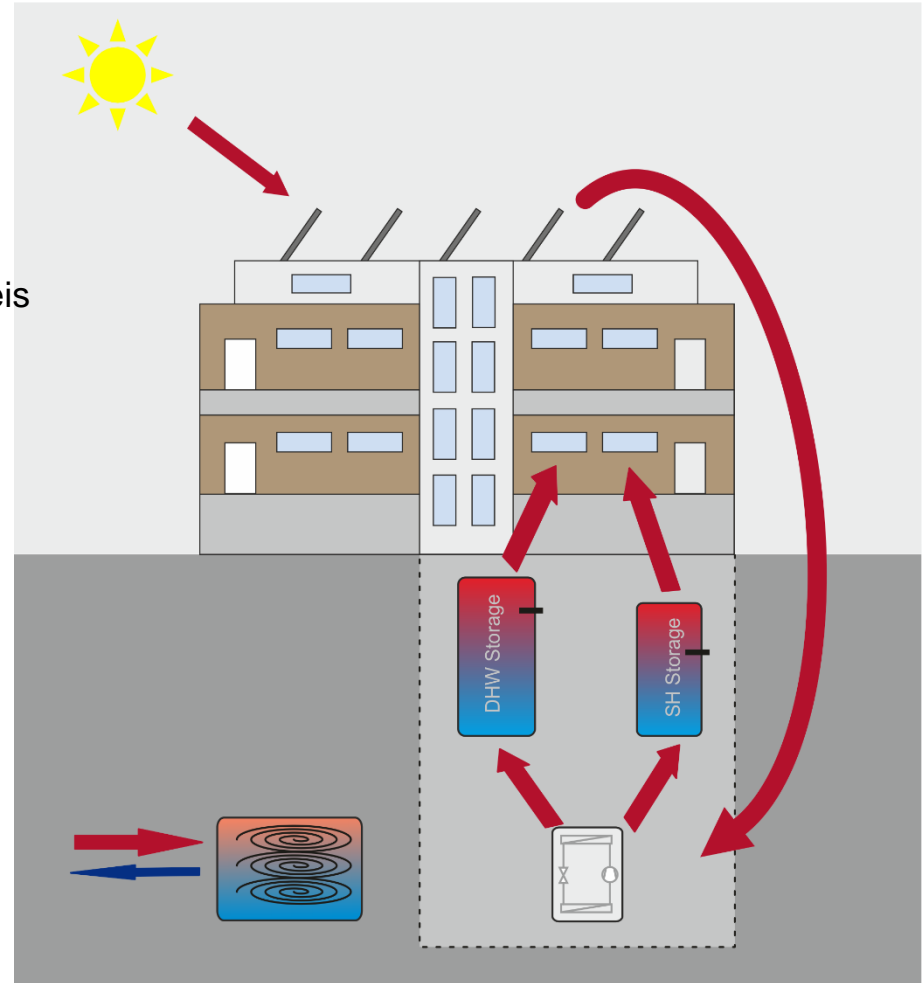
Kollektortemperatur:

$$-4 \text{ °C} < T_{\text{koll}} < 25 \text{ °C}$$

oder

$$T_{\text{koll}} < -4 \text{ °C} \text{ aber } T_{\text{koll}} > T_{\text{eis}}$$

& Wärmebedarf für SH- oder DHW Speicher benötigt



Betriebsmodi Eisspeicherbetrieb

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

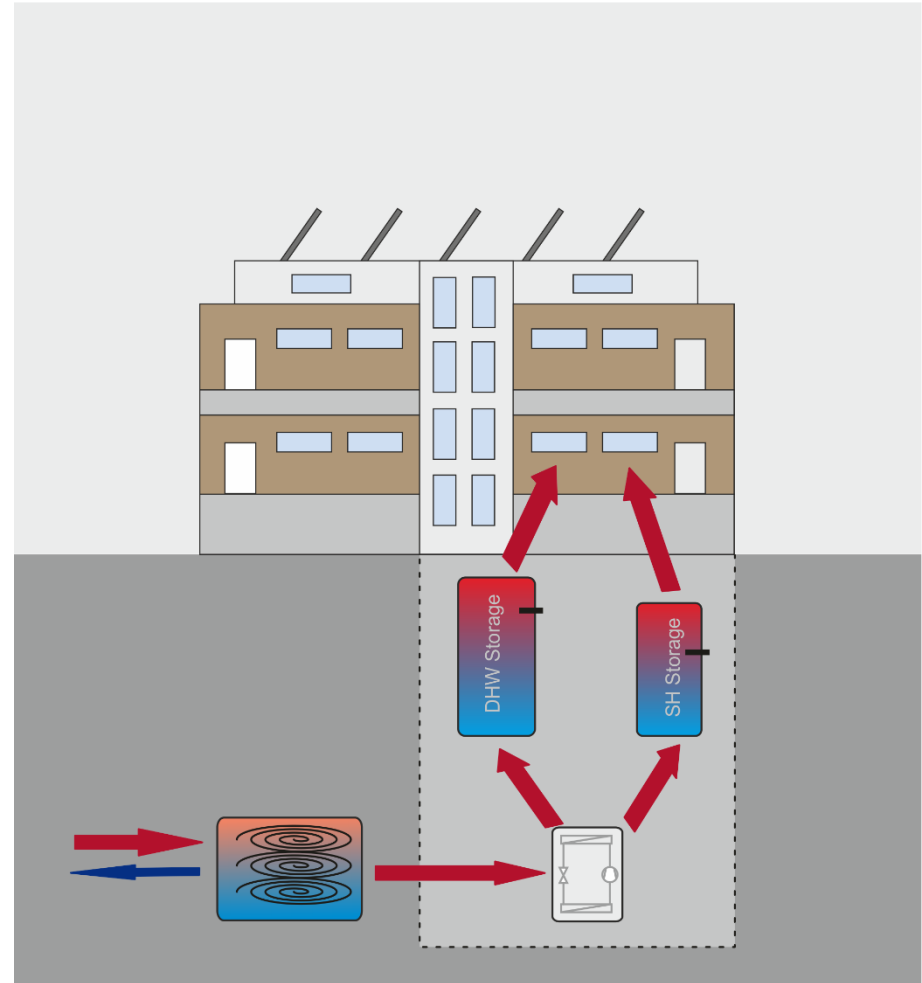
Dimensionierung

Fazit

Kollektortemperatur:

$$T_{\text{koll}} < -4 \text{ °C} \ \& \ T_{\text{eis}} > T_{\text{koll}}$$

& Wärmebedarf für SH- oder DHW Speicher benötigt



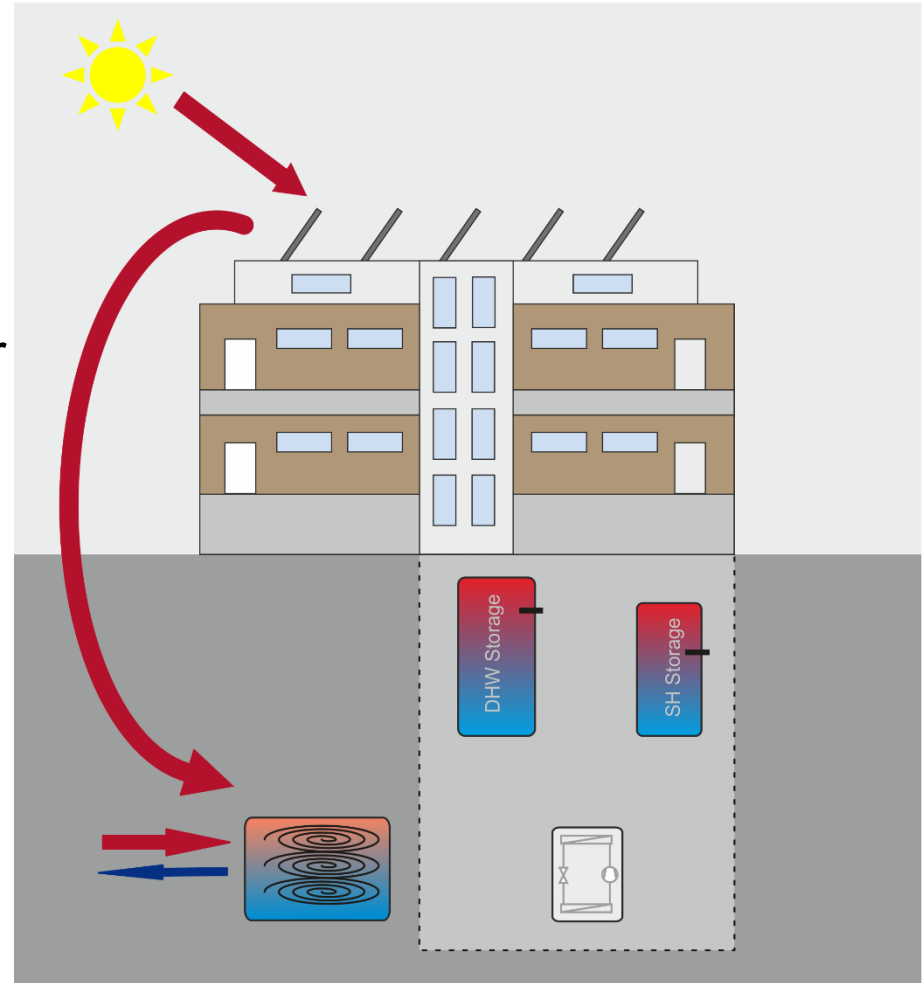
Betriebsmodi Regenerationsbetrieb

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit

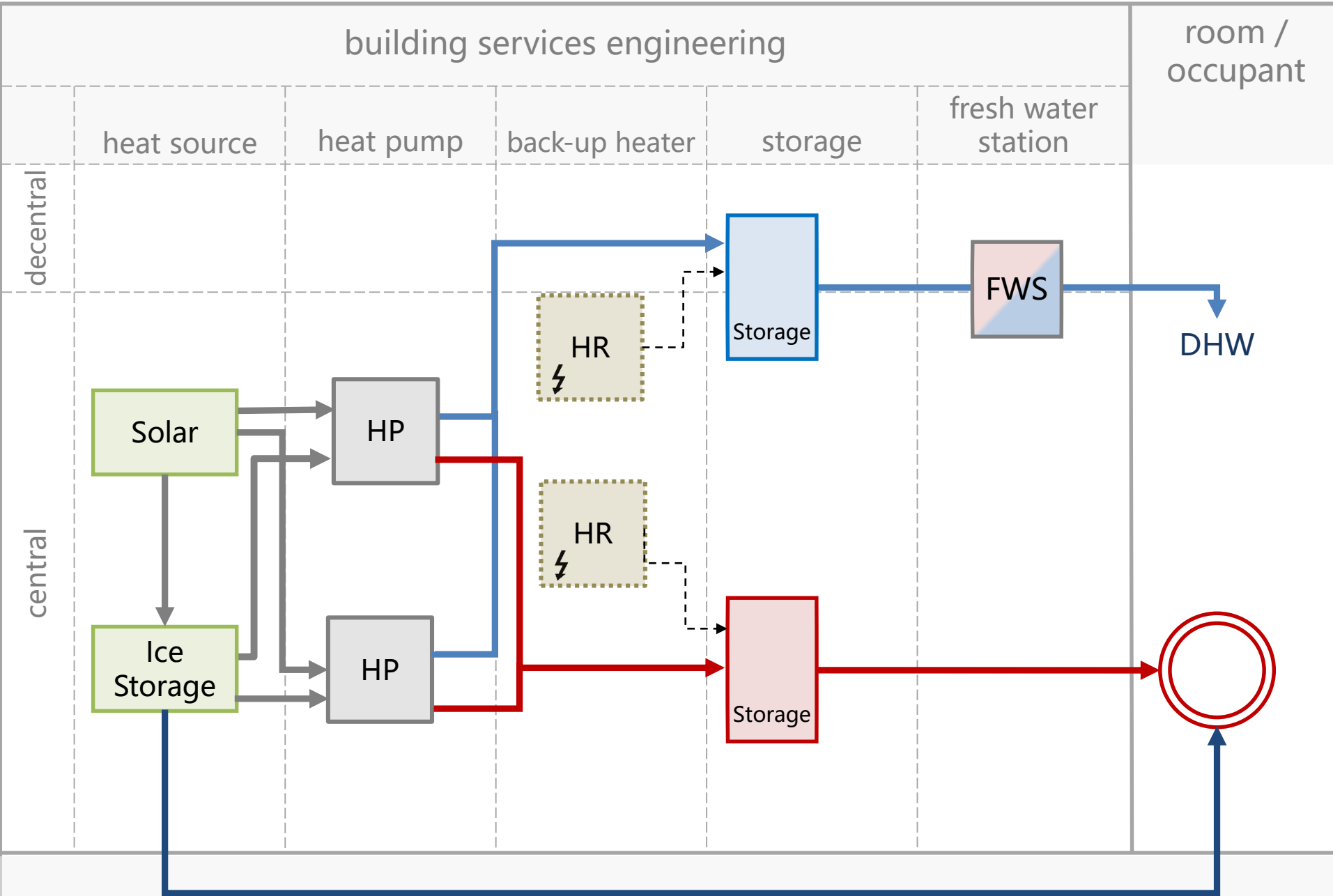
Kollektortemperatur:

$$T_{\text{koll}} > T_{\text{eis}}$$

& **KEIN** Wärmebedarf für SH- oder DHW Speicher benötigt



Schematischer Energiefluss



Installierte Messtechnik

Wohnungen:

- relative Luftfeuchte und Temperatur pro Raum
- CO₂-Konzentration in jeder Wohnung

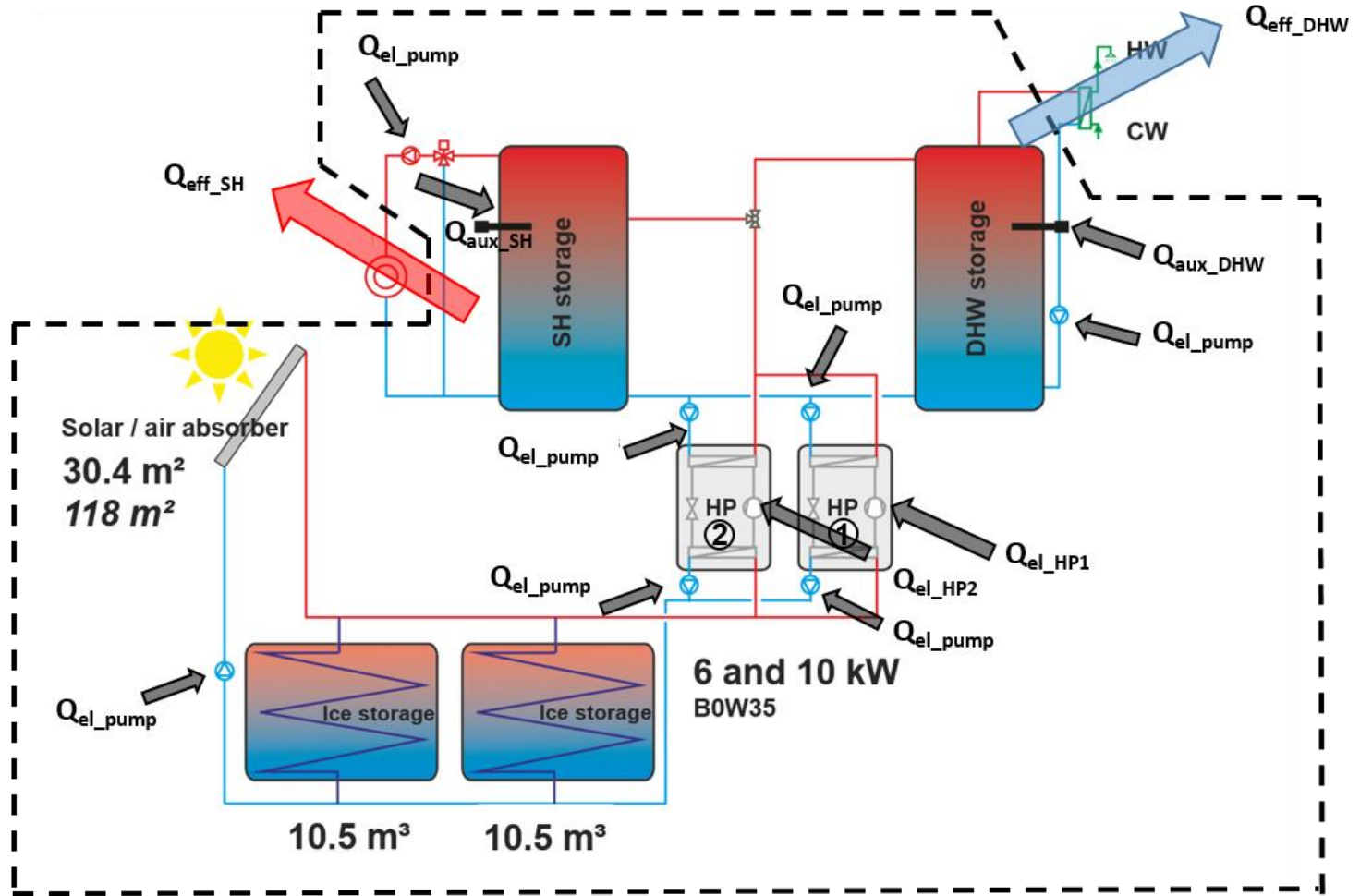
Heizung:

- Wärmemengenzähler (7x): T_{fl} , T_{rf} , Durchfluss, ΔT und \dot{Q}
- Temperaturen und Durchfluss: Eisspeicher + Erdreich, Kollektor, Speicher
- Stromverbrauch
- Ventilstellungen und Pumpensignale

Wetterdaten

Verwendete Kennzahlen

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit



Kennzahlen

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit

$$\text{SPF}_{\text{HP}} = \frac{Q_{\text{cond_HP}}}{W_{\text{el_HP}}} \quad [\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{el}}]$$

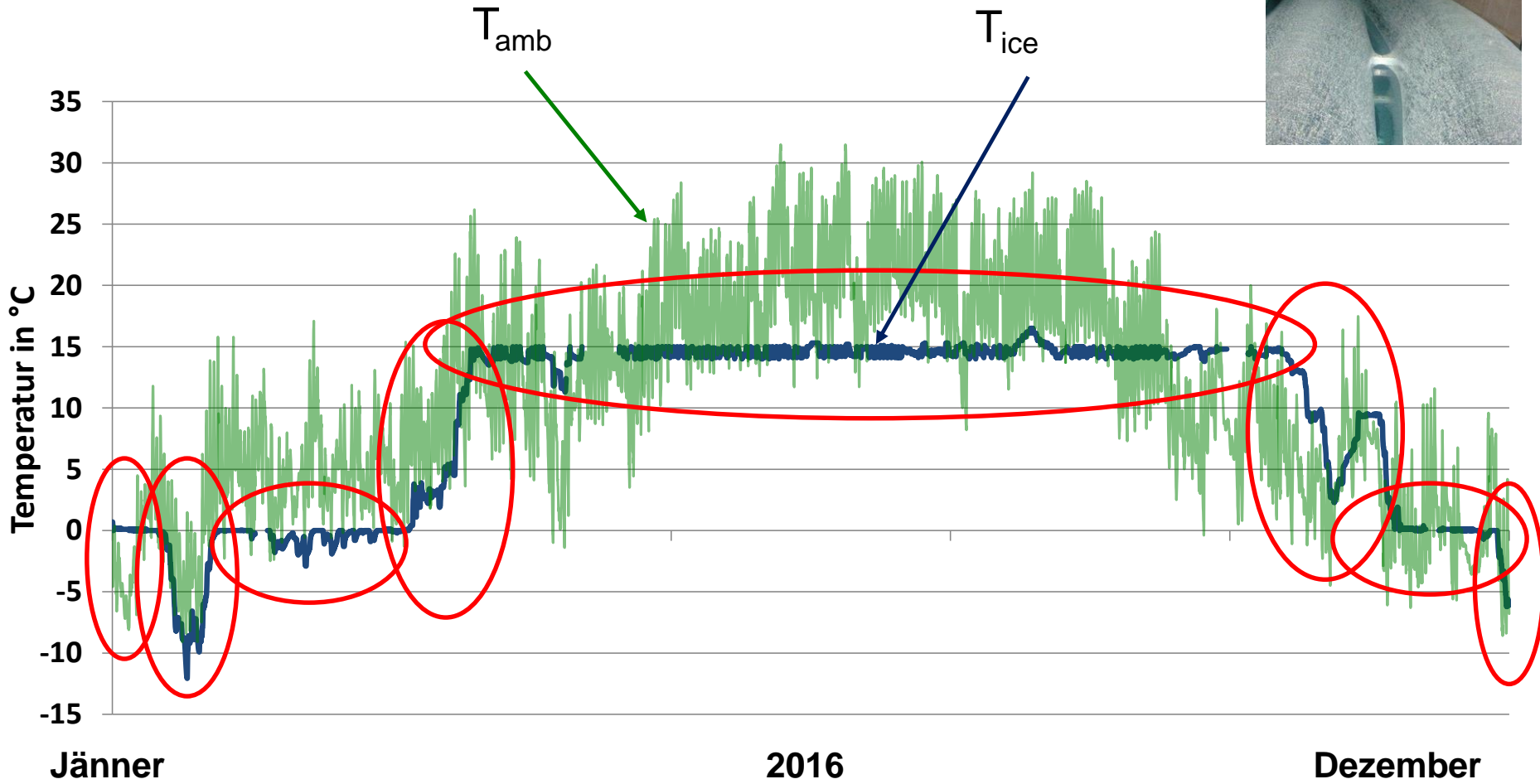
$$\text{SPF}_{\text{HP_mittel}} = \frac{Q_{\text{cond_HP1}} + Q_{\text{cond_HP2}}}{W_{\text{el_HP1}} + W_{\text{el_HP2}}} \quad [\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{el}}]$$

$$E_{\text{Heat}} = \frac{W_{\text{aux}}}{Q_{\text{cond_HP1}} + Q_{\text{cond_HP}_2} + W_{\text{aux}}} \cdot 100\% \quad [\%]$$

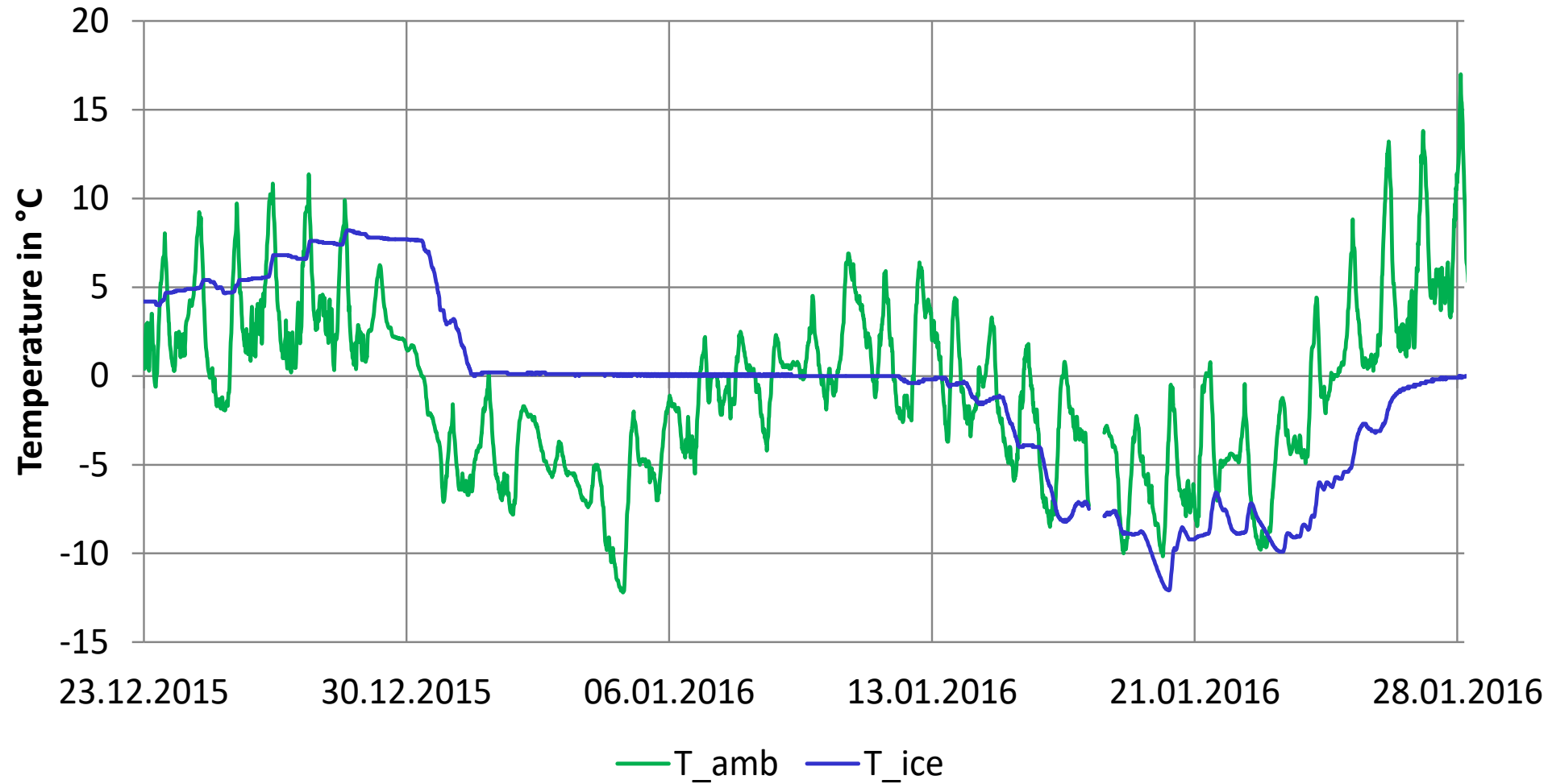
$$\text{SPF}_{\text{System}} = \frac{Q_{\text{eff_SH}} + Q_{\text{eff_DHW}}}{W_{\text{el_HPs}} + W_{\text{el_pumps}} + W_{\text{aux}}} \quad [\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{el}}]$$

Quelle: Viessmann

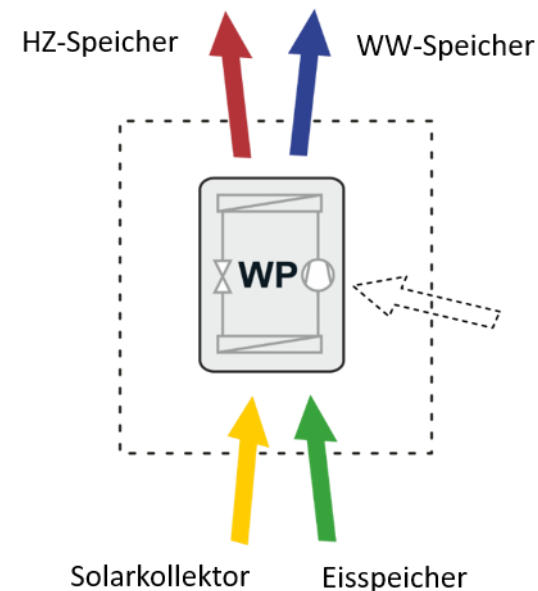
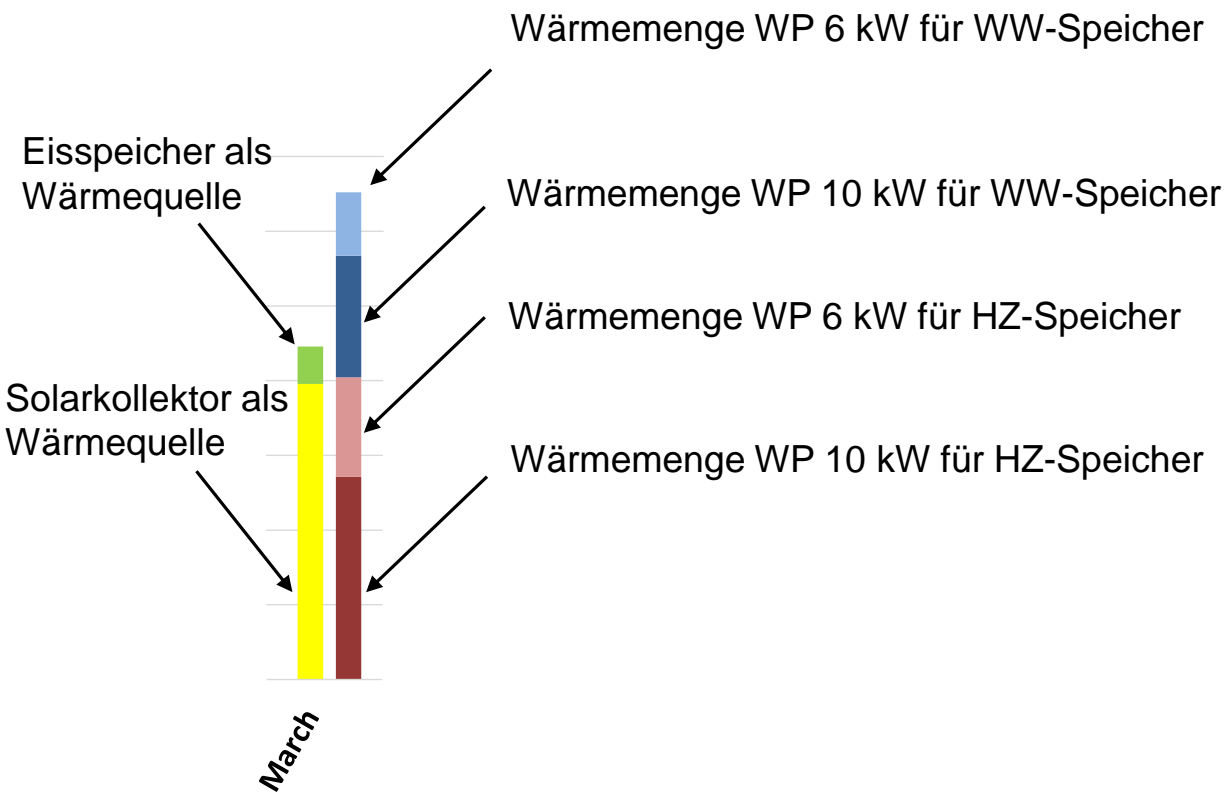
Eisspeichertemperaturverlauf 2016



Eisspeichertemperaturverlauf 12/2015 – 1/2016



Systemenergiebilanz



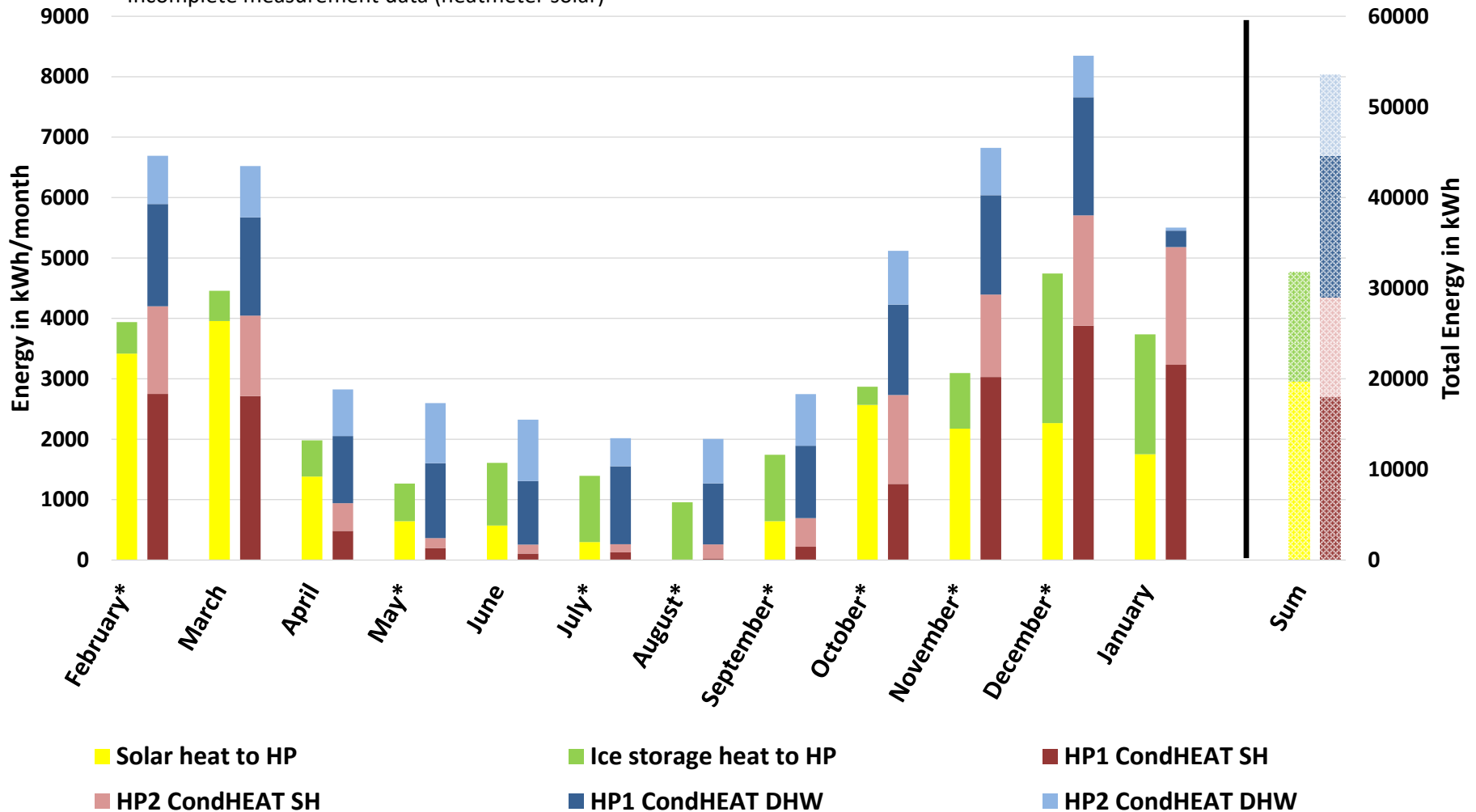
■ Solar heat to HP
■ HP2 CondHEAT SH

■ Ice storage heat to HP
■ HP1 CondHEAT DHW

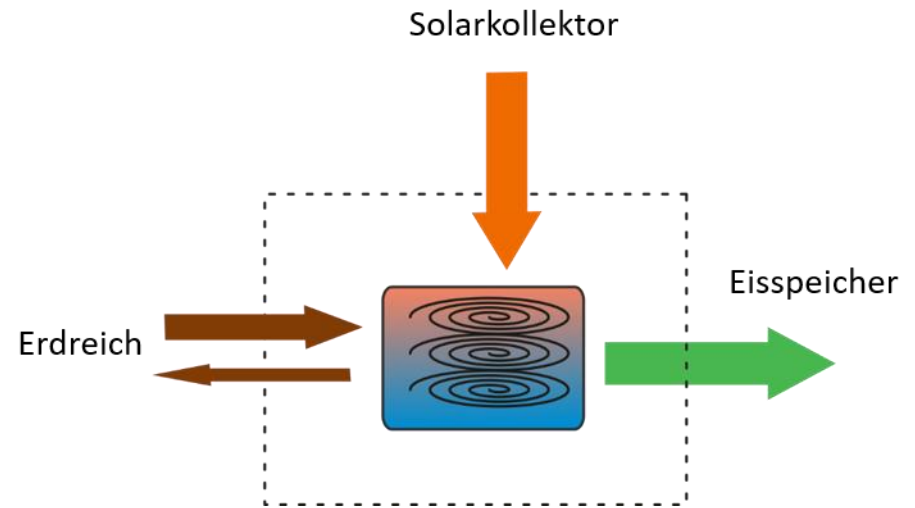
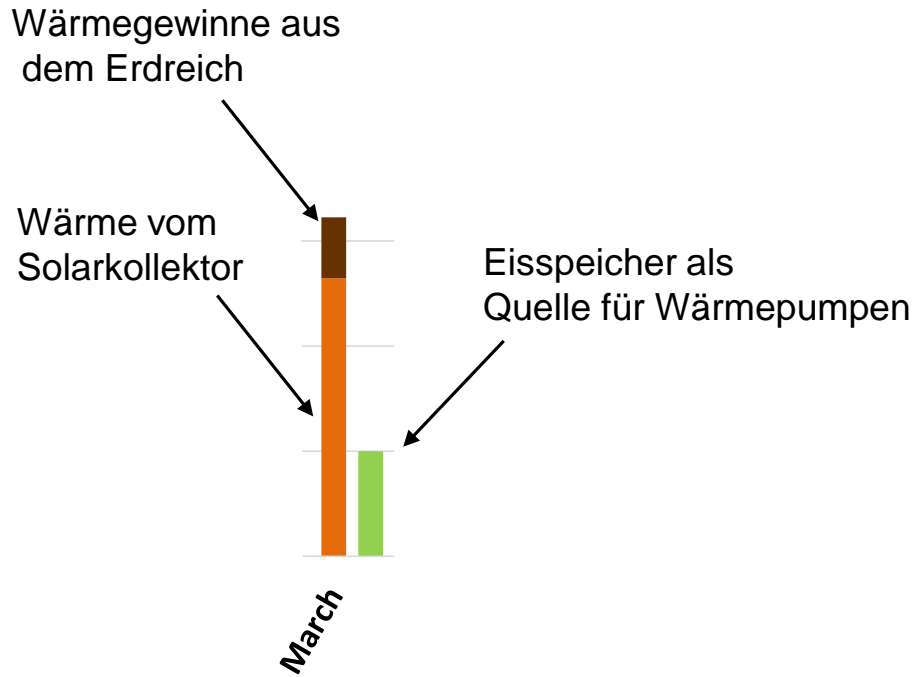
■ HP1 CondHEAT SH
■ HP2 CondHEAT DHW

Systemenergiebilanz: 2/2016 – 1 /2017

* Incomplete measurement data (heatmeter solar)



Eisspeicherbilanz



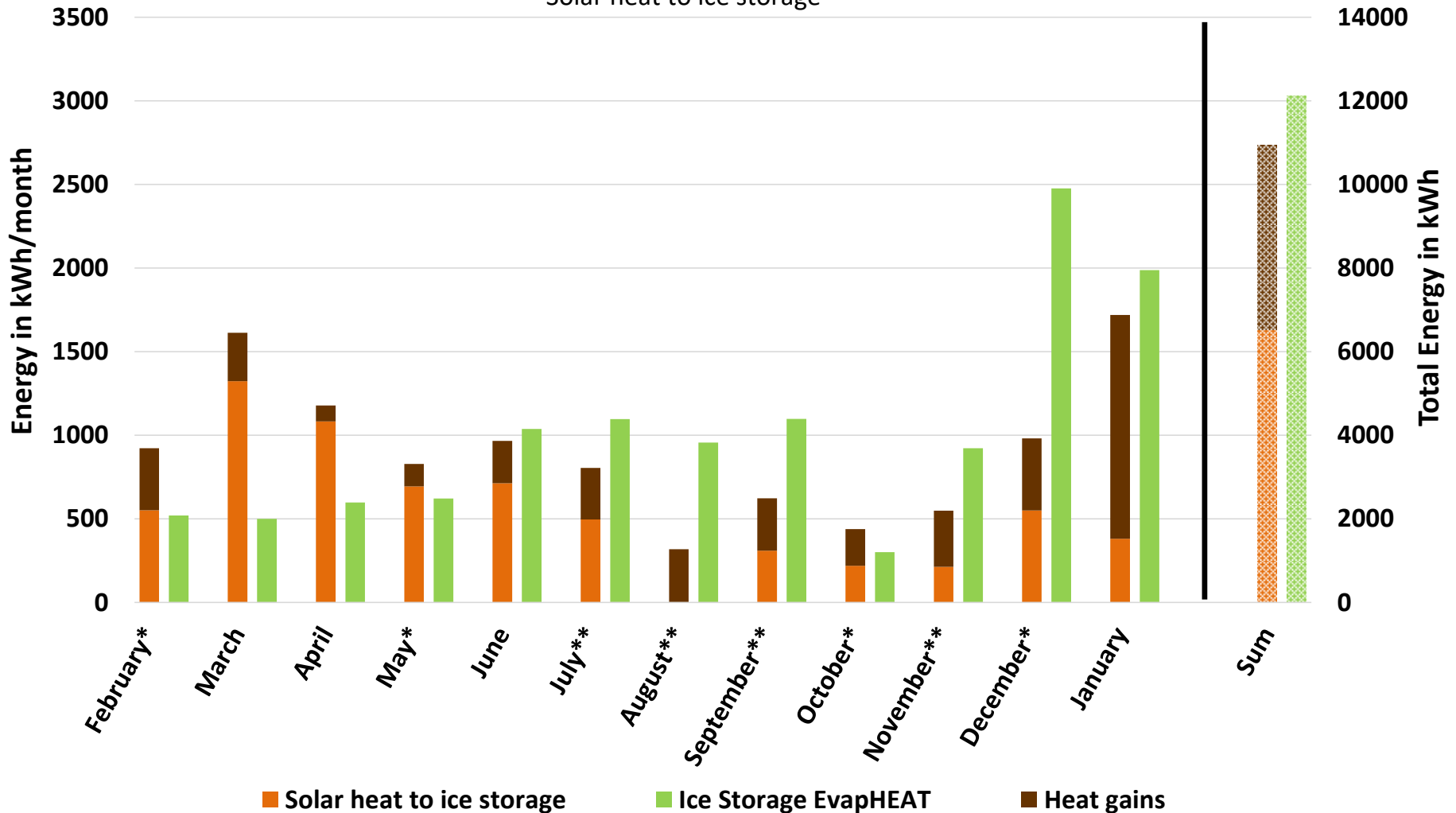
■ Solar heat to ice storage

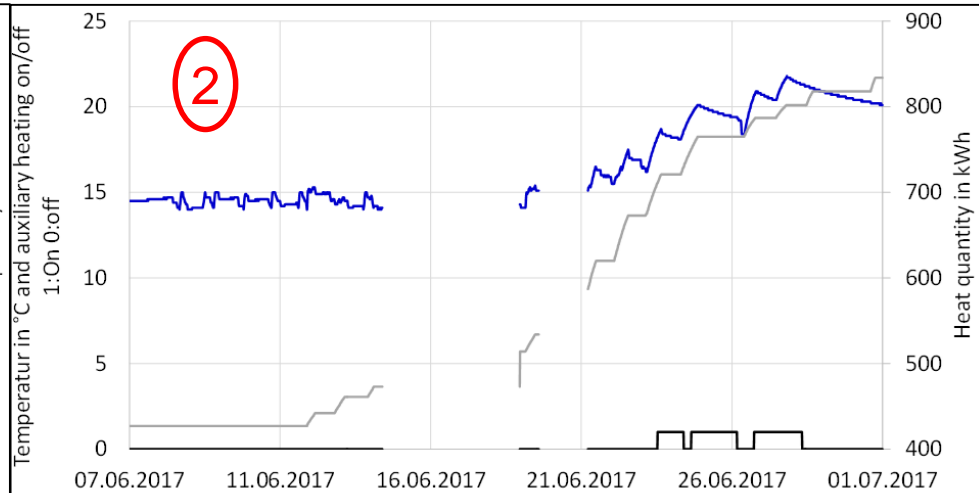
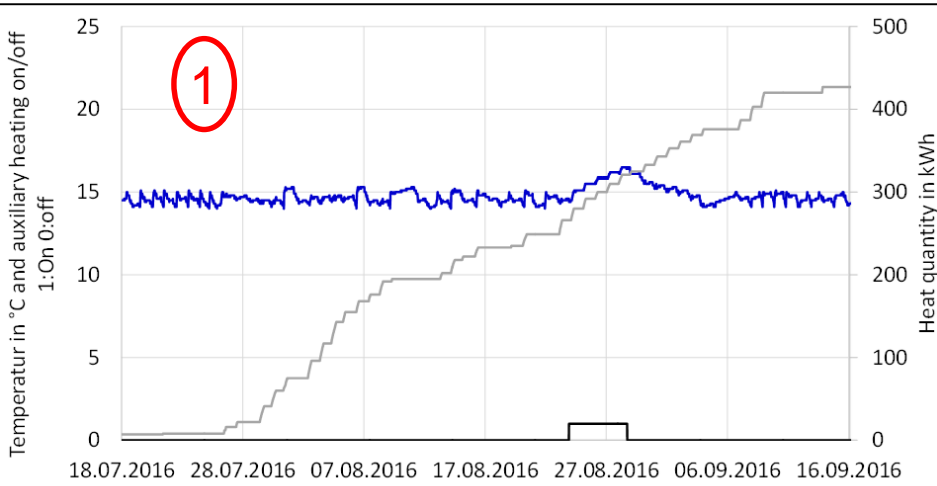
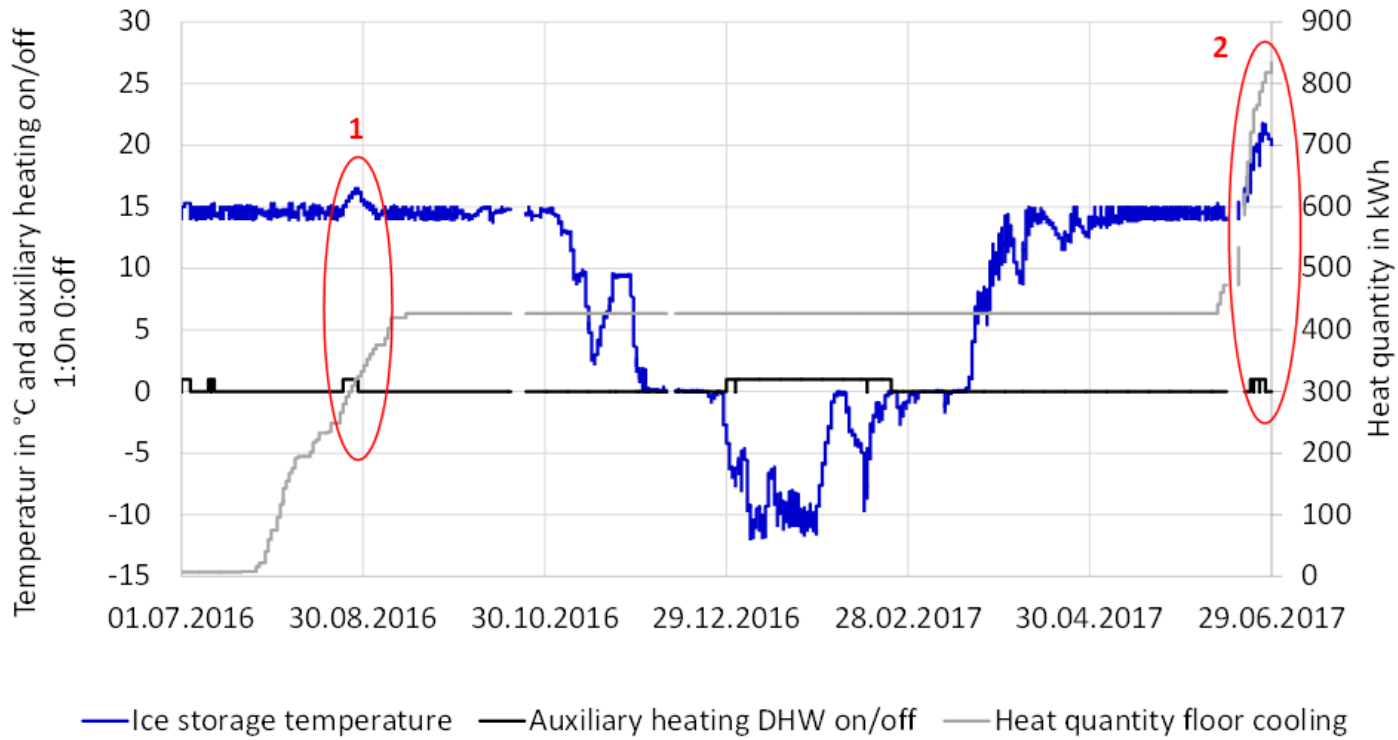
■ Ice Storage EvapHEAT

■ Heat gains

Eisspeicherbilanz: 2/2016 – 1/2017

Incomplete measurement data: *Solar heat to ice storage & Heat gains
 **Solar heat to ice storage





Systemkennzahlen 2016

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit

Energieausweis:

- $\text{HWB}^* = 9,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad \triangleq 9484 \text{ kWh/a}$
- $\text{WWB}^* = 12,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad \triangleq 12230 \text{ kWh/a}$

Tatsächlich

- $\text{HWB}^* = 30,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})^{**} \quad \triangleq 29380 \text{ kWh/a}$
- $\text{WWB}^* = 27,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})^{**} \quad \triangleq 26222 \text{ kWh/a}$

→ **install. Wärmequellen zu klein dimensioniert**

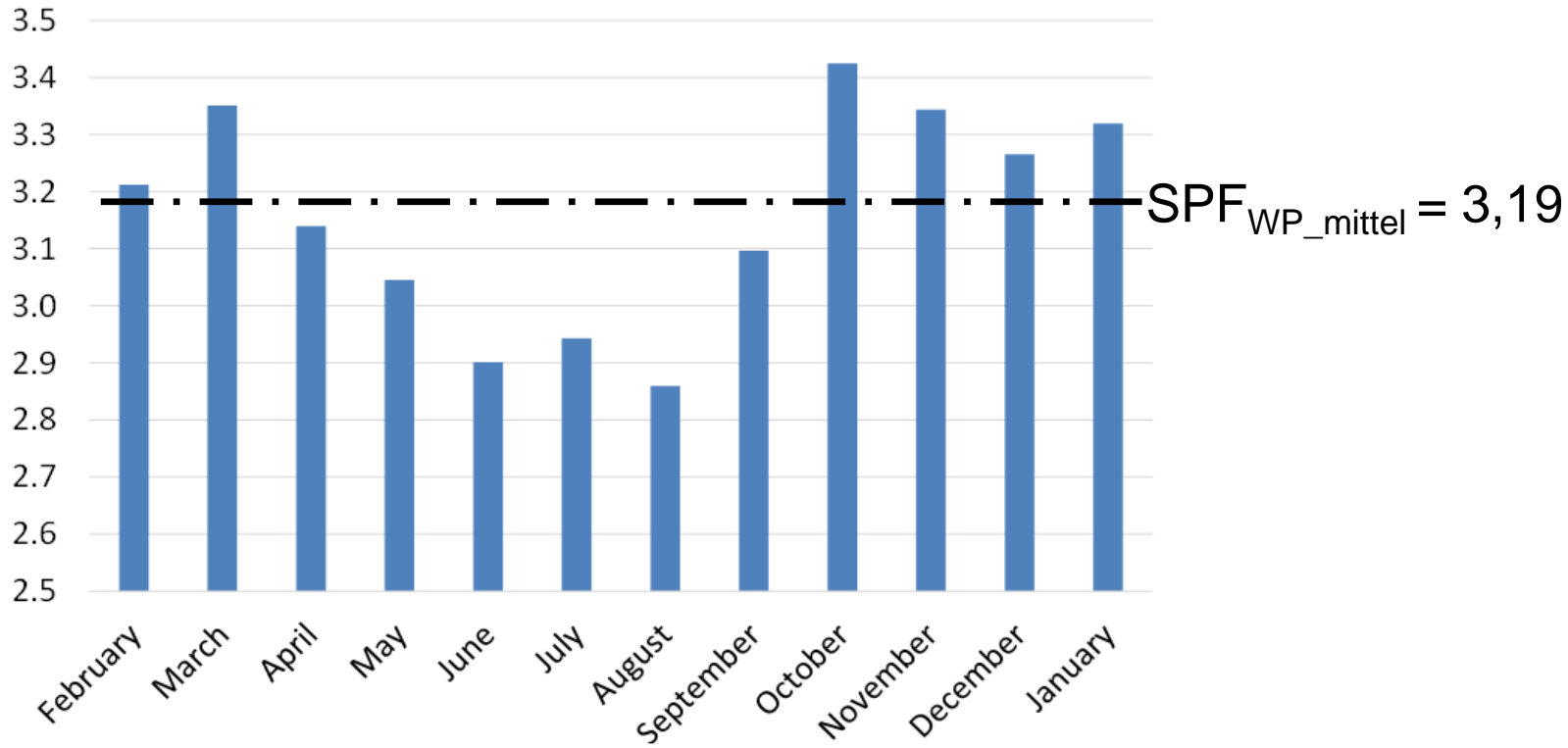
- $\text{SPF}_{\text{WP}_{10\text{kW}}} = 3,32 \quad \text{SPF}_{\text{WP}_{6\text{kW}}} = 2,96$
- $\text{SPF}_{\text{WP}_{\text{mittel}}} = 3,19$
- $E_{\text{Heat}} = 3,4 \% \quad \triangleq 1982 \text{ kWh/a}$

* bezogen auf Brutto-Grundfläche von 957 m²

** inklusive Rohrleitungs- und Speicherverluste

Systemkennzahlen 2016

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit



Monthly distribution of the $SPF_{HP,mean}$ (02.2016 - 01.2017)

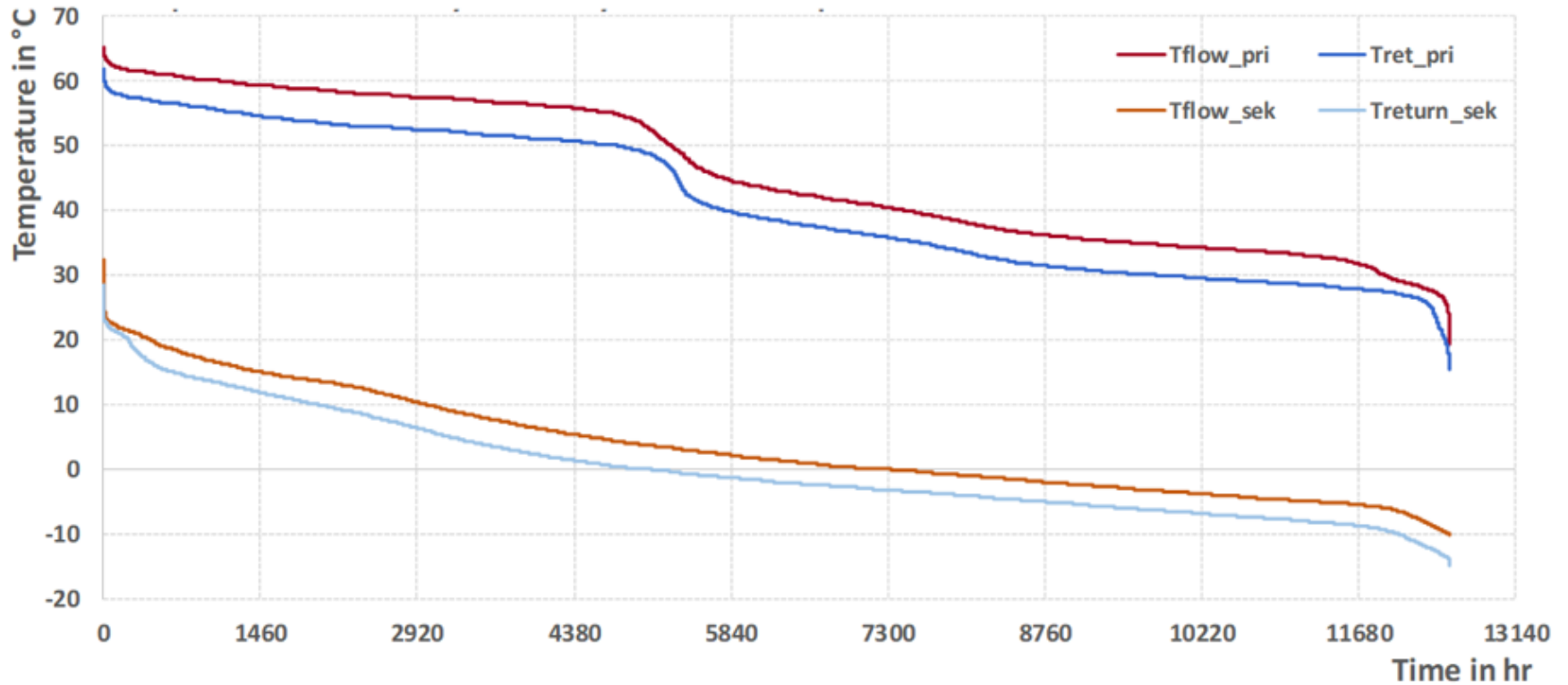


Figure 4-2: Duration curves of flow and return temperatures on the heat sink ("pri") and heat source side ("sek") (Heat Pump 1, 01.2017 - 04.2020)

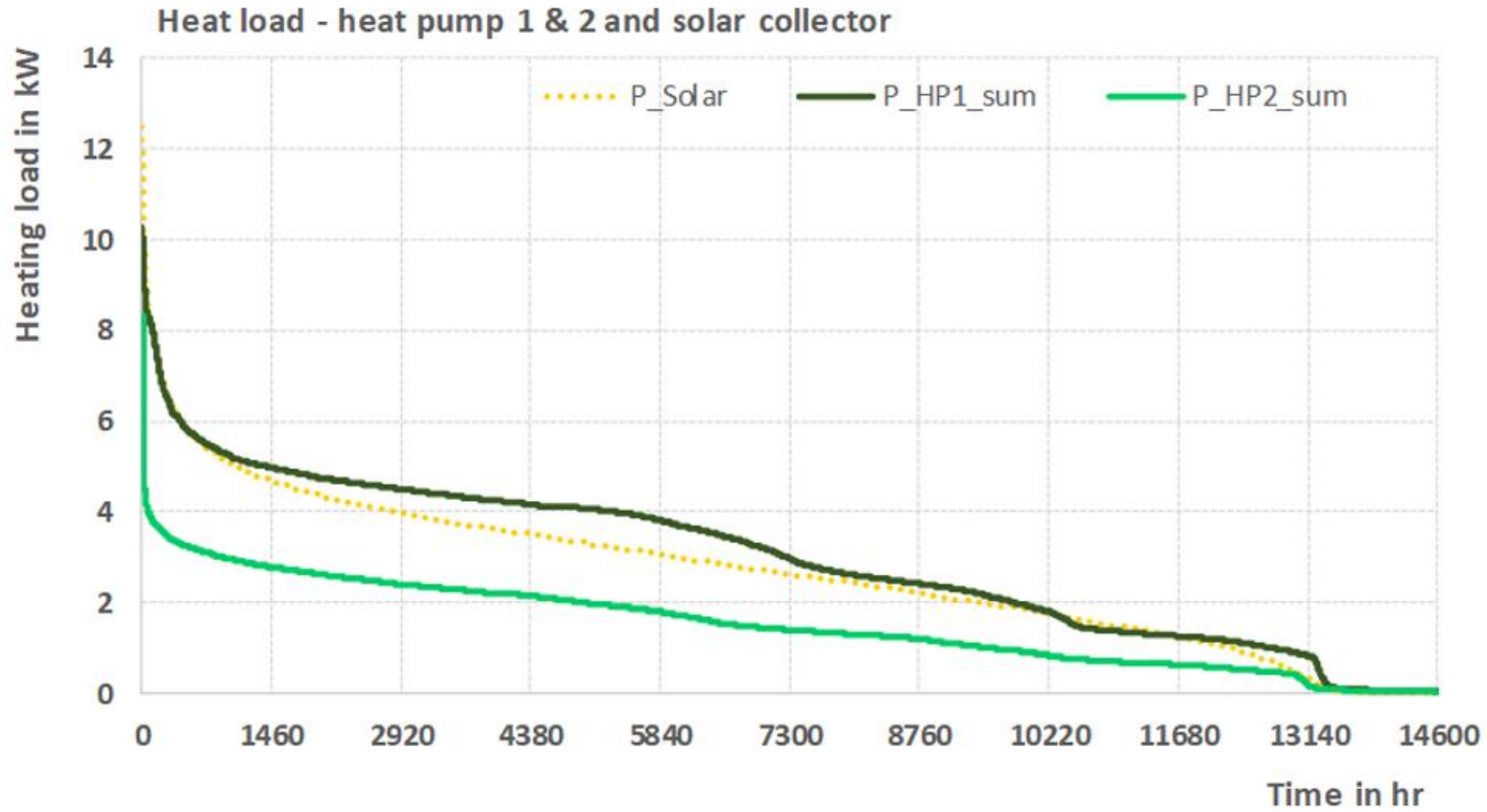
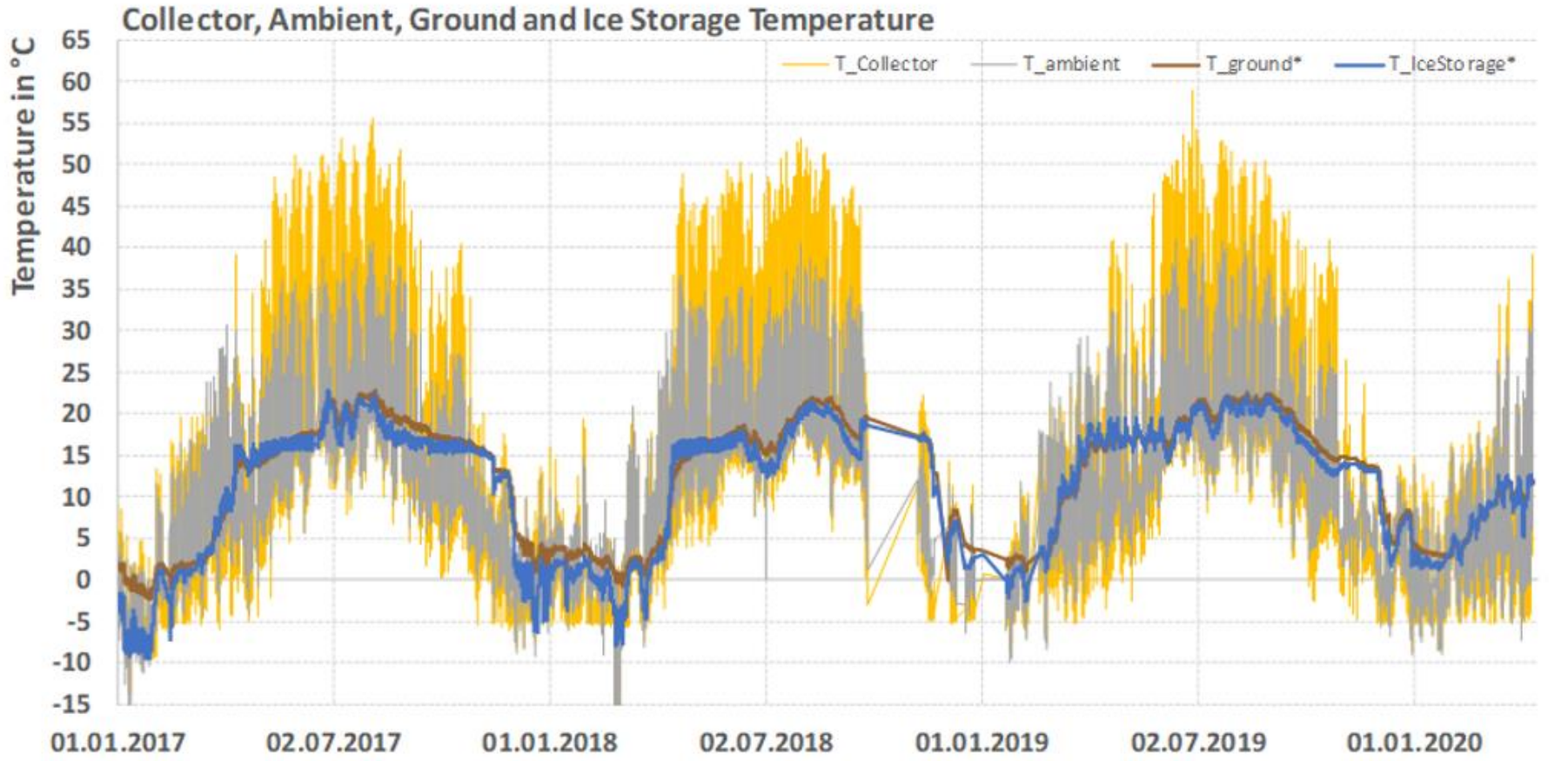


Figure 4-4: Duration curves for the load of the heat pump 1 & 2 and the solar thermal system (01.2017-04.2020)



* Mean temperature Storage 1

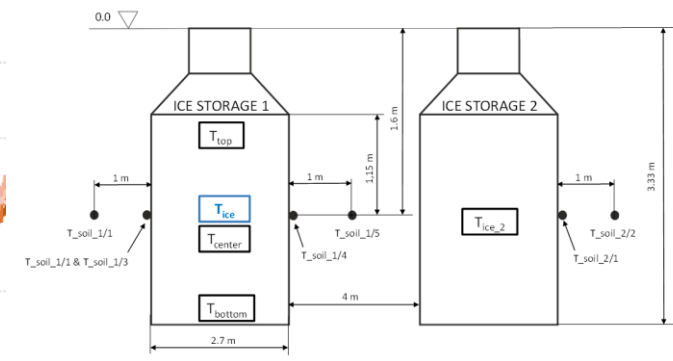
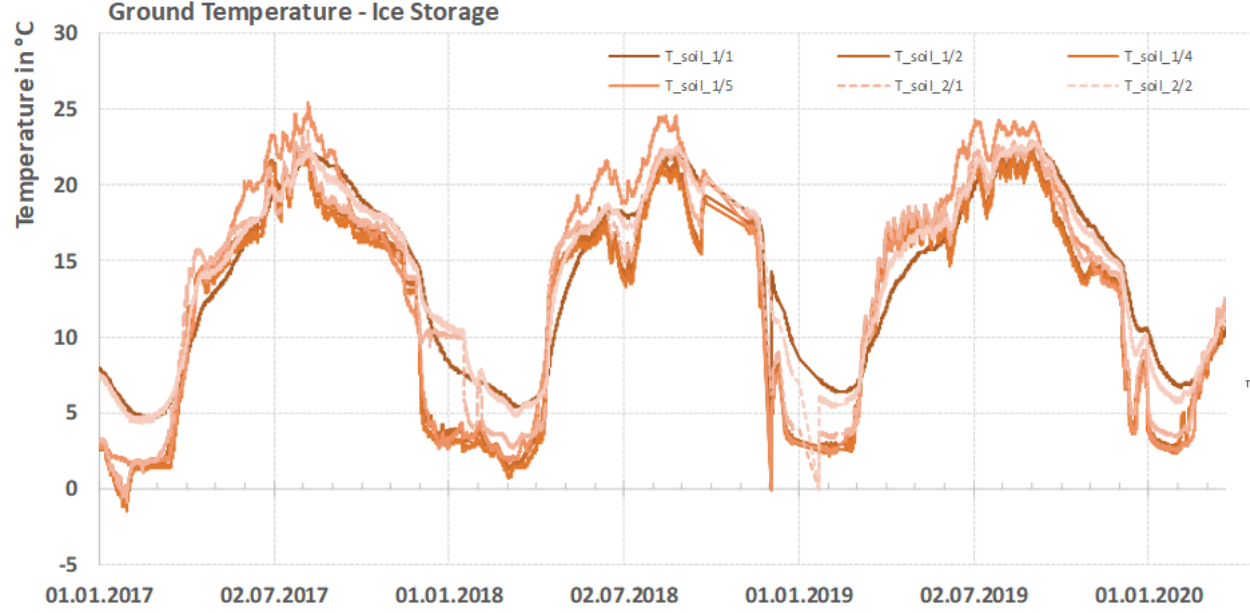
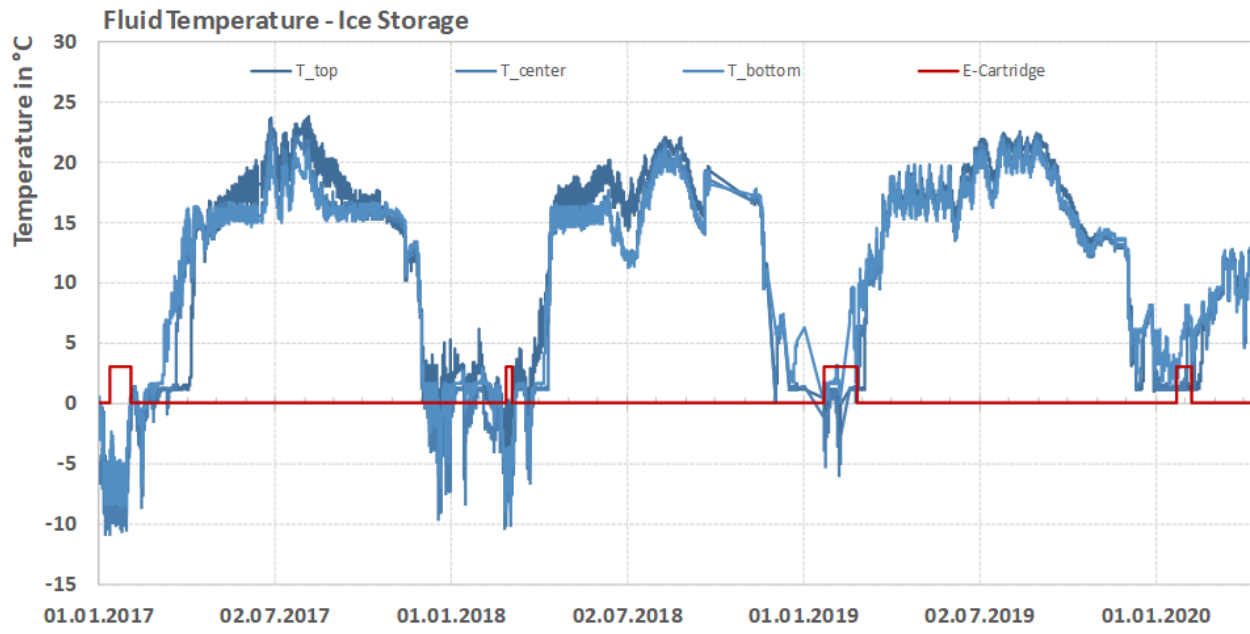
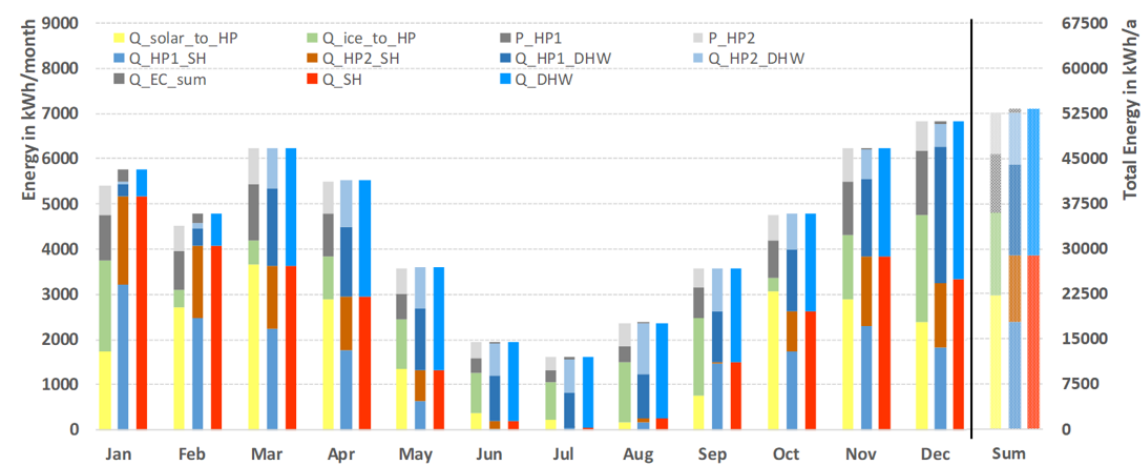


Figure 1-6: Ice storage (Viessmann, 2017)

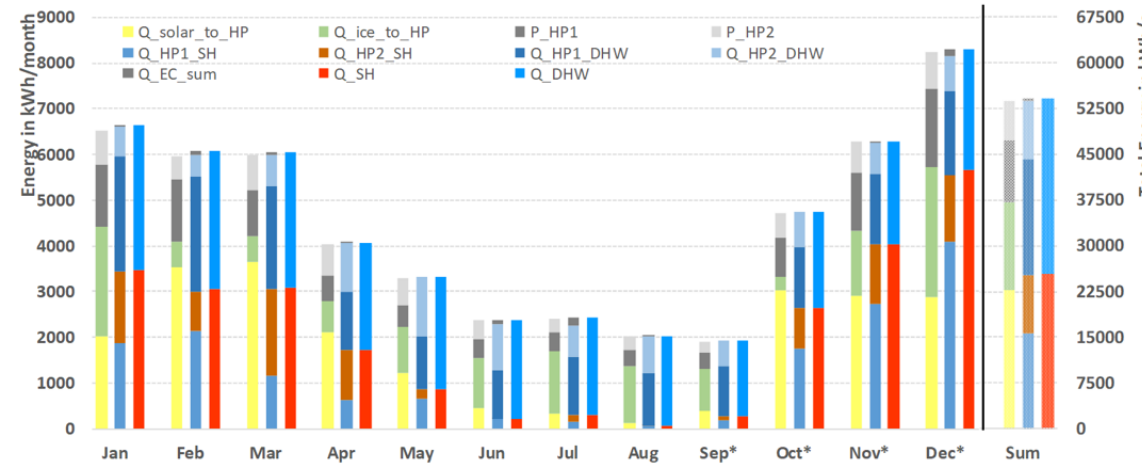


Energiebilanzen Wärmepumpen:

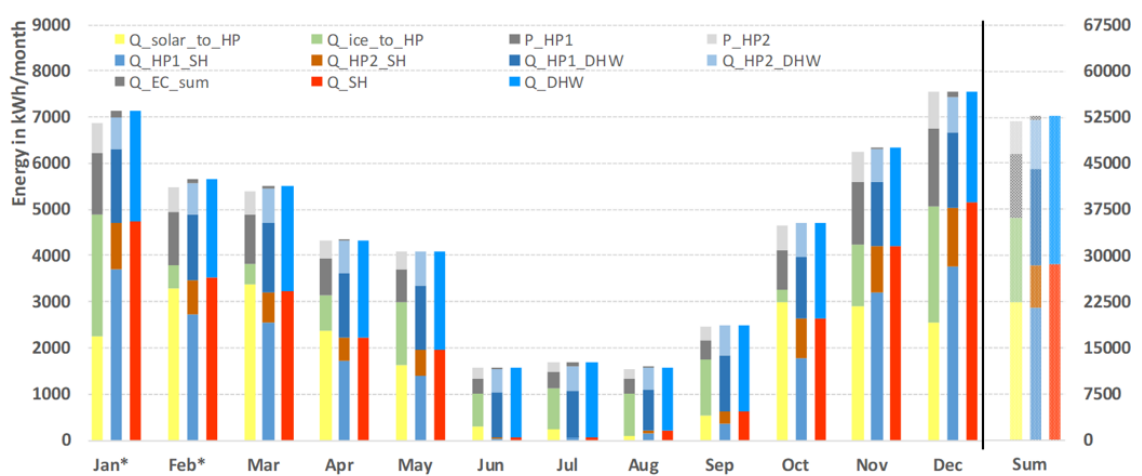
1.1.2017 – 31.12.2017



1.1.2018 – 31.12.2018



1.1.2019 – 31.12.2019

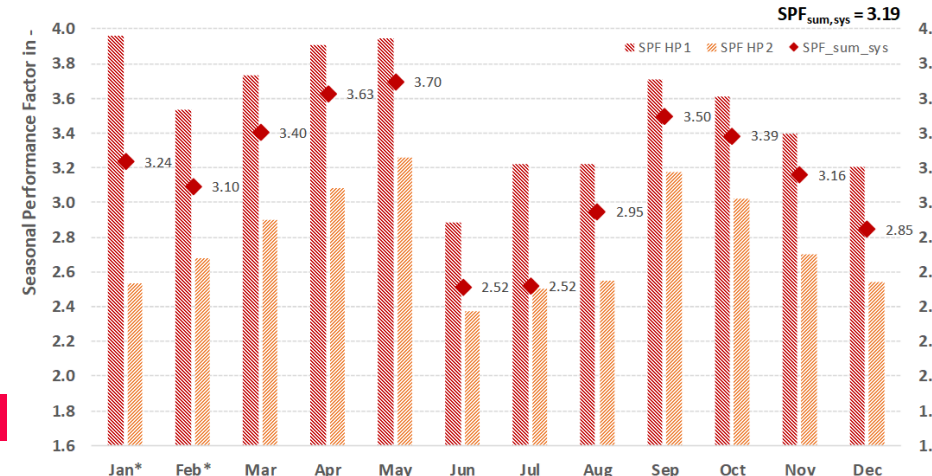
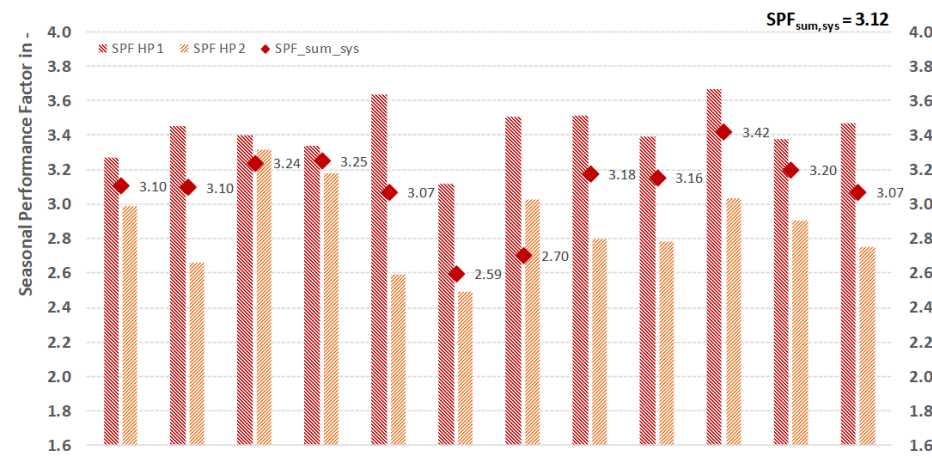
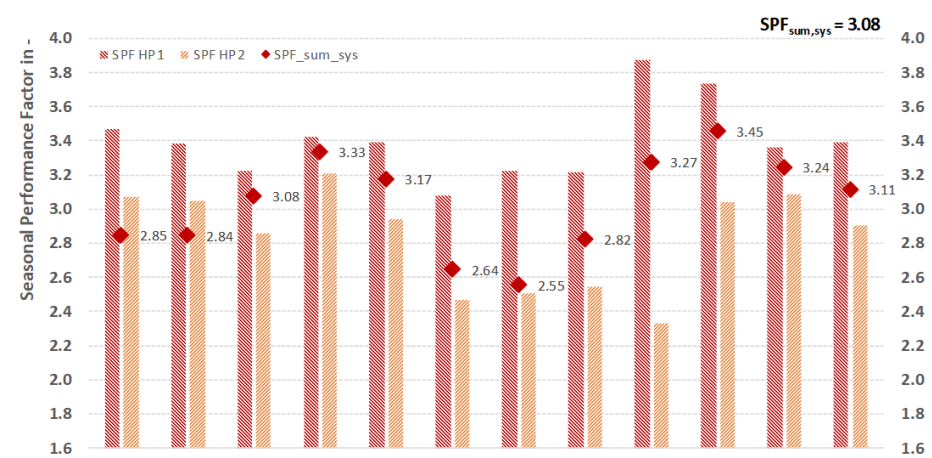


Wärmepumpen-Arbeitszahlen:

1.1.2017 – 31.12.2017

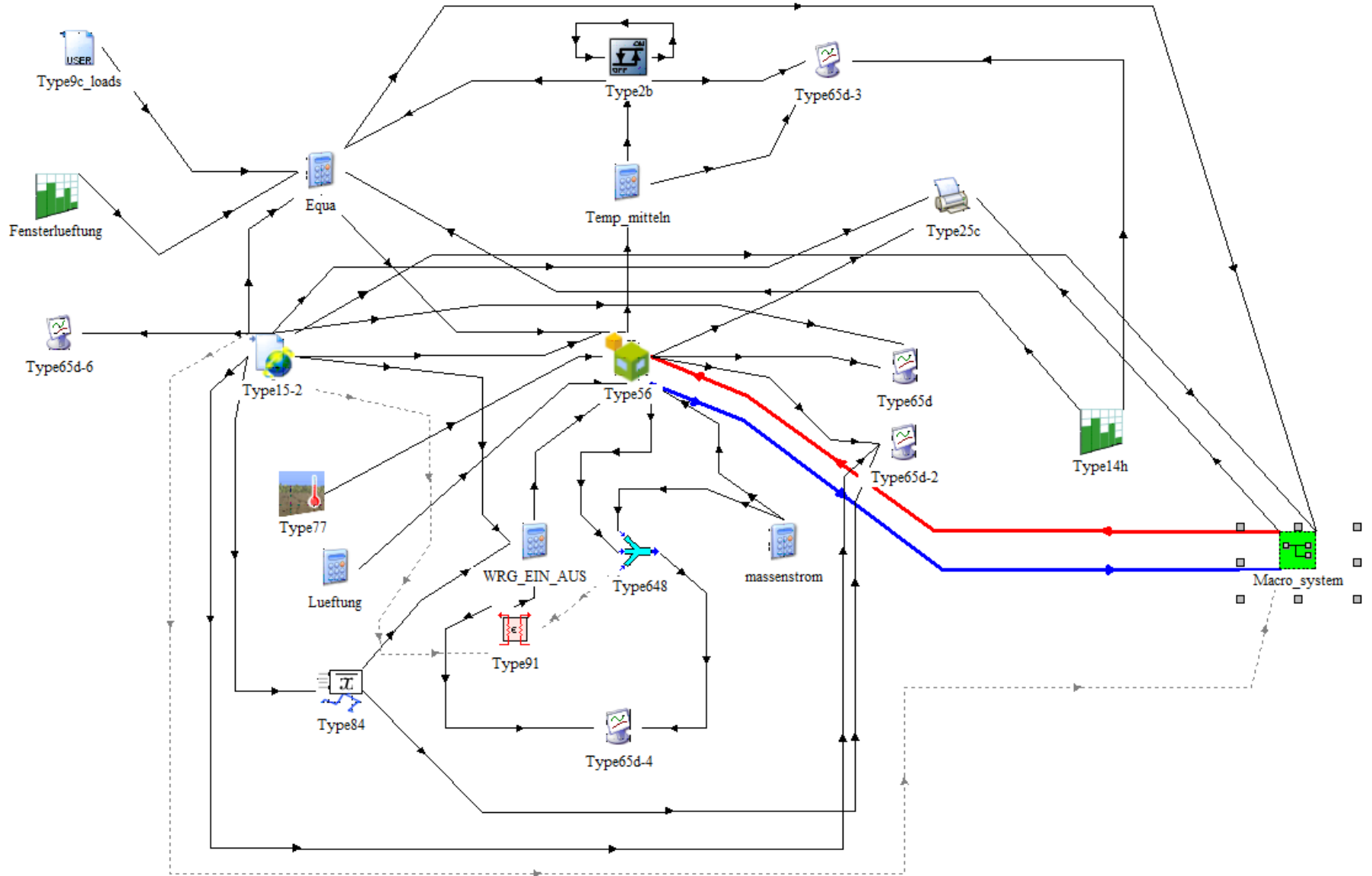
1.1.2018 – 31.12.2018

1.1.2019 – 31.12.2019

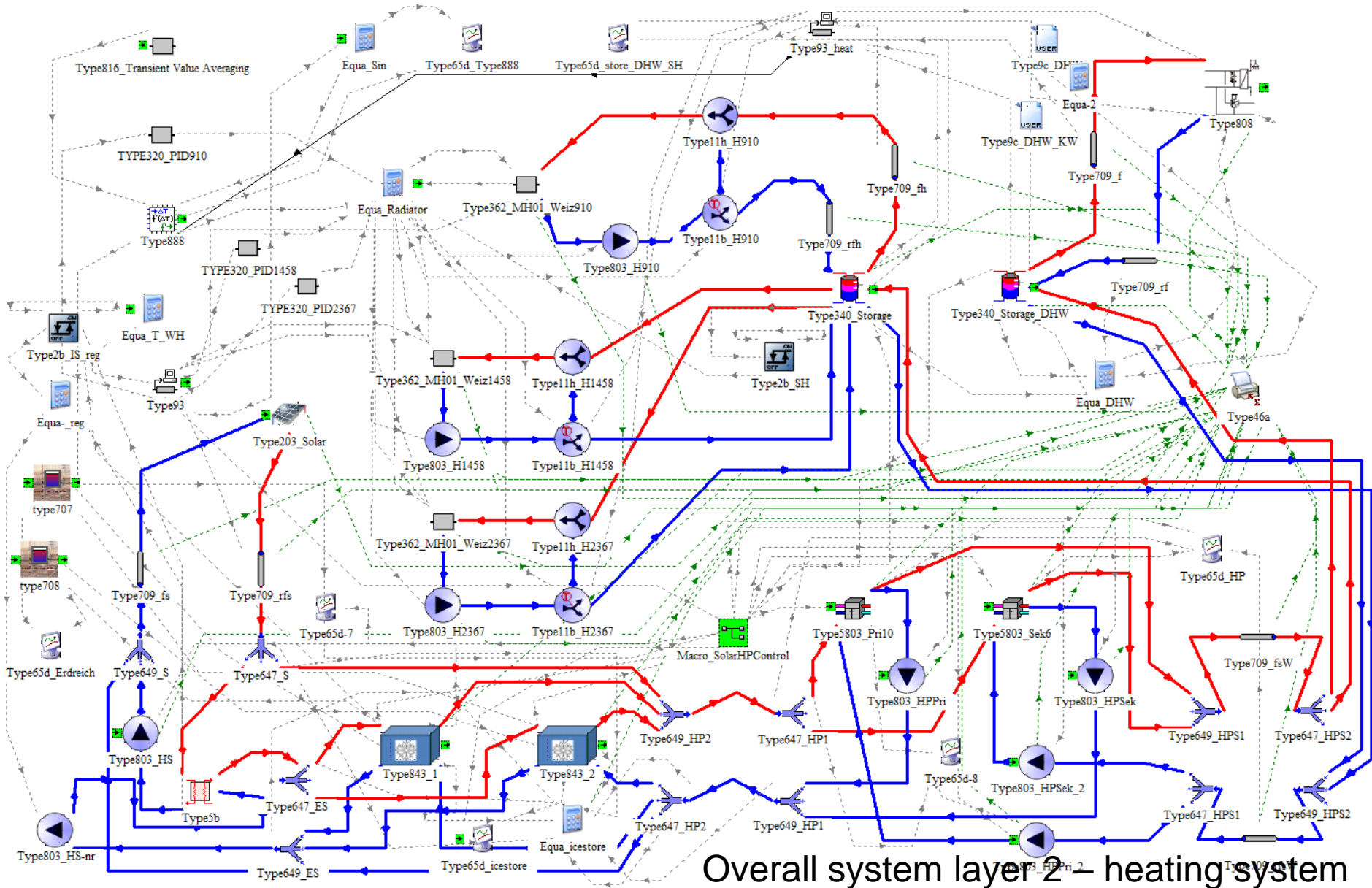


Seasonal performance factors as well as the reference COPs of the heat pumps (at B0/W35)

	SPF HP1 (10 kW)	SPF HP2 (6 kW)	SPF _{sum}	SPF _{SumSys}
2017	3.42	2.89	3.20	3.08
2018	3.43	2.91	3.22	3.12
2019	3.57	2.77	3.30	3.19
B0/W35	4.72	4.51		



Overall system layer 1 – climate/building



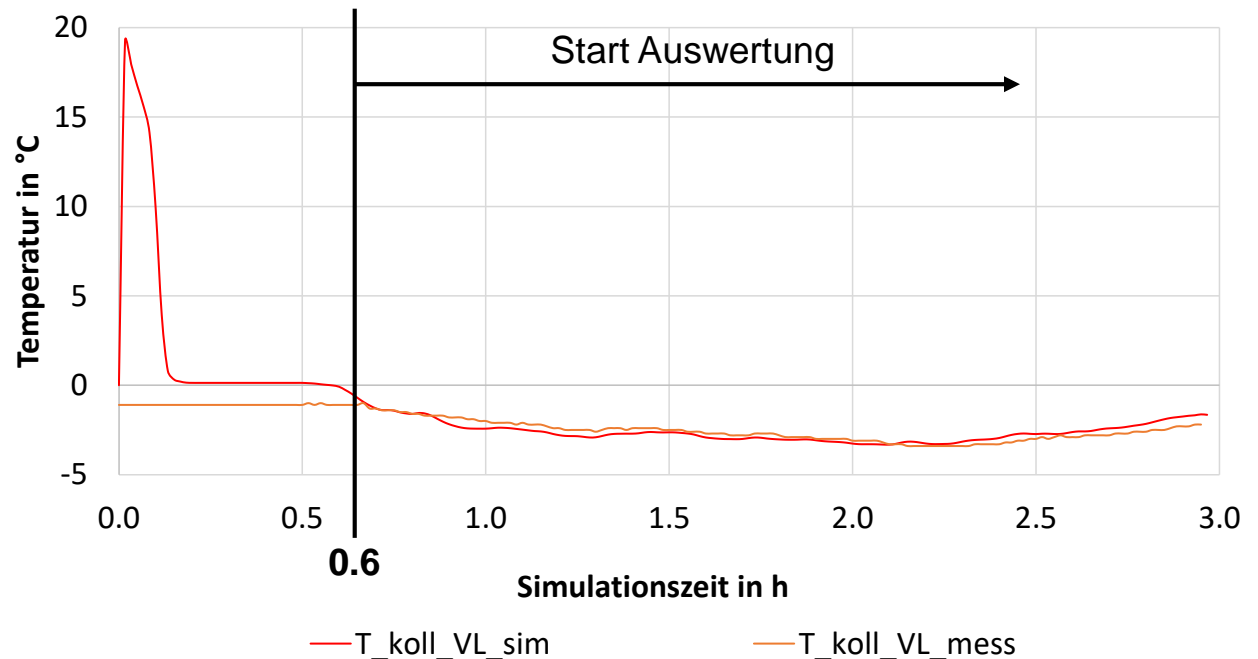
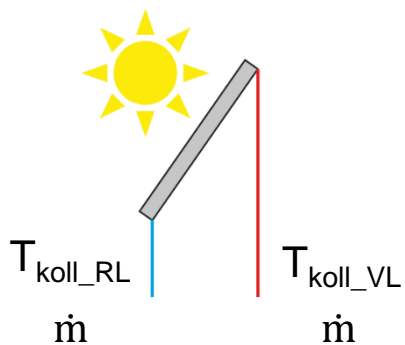
Overall system layer 2 – heating system

Validierung

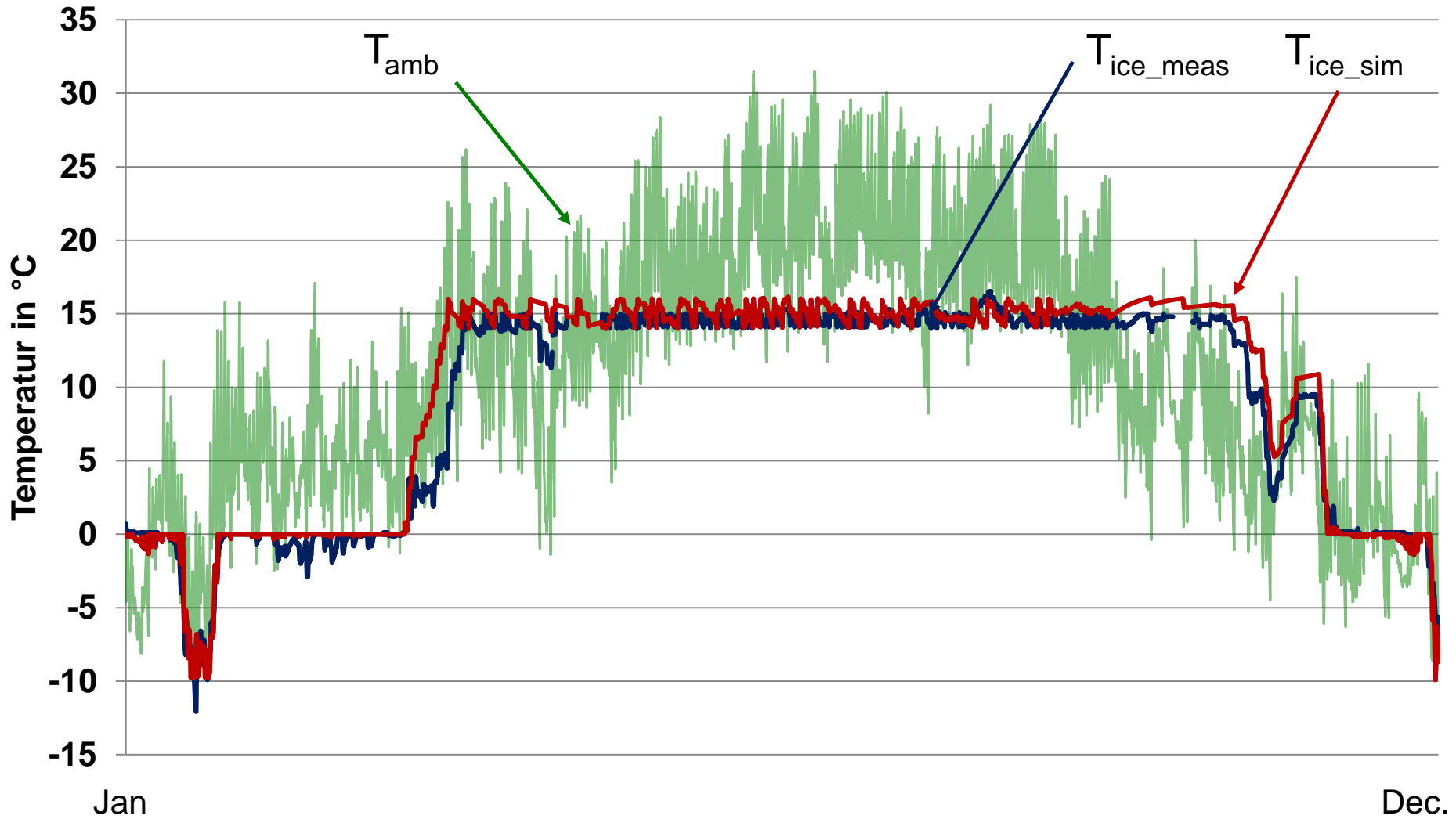
- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit

Einzelkomponenten

- Solarkollektor: *Kennlinie, Fläche*
- Eisspeicher: *Wärmetauscher*
- Erdreichkoppelung: *Wärmeübergang*



Vergleich Eisspeichertemperaturen 2016



Ausblick Weiz

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit

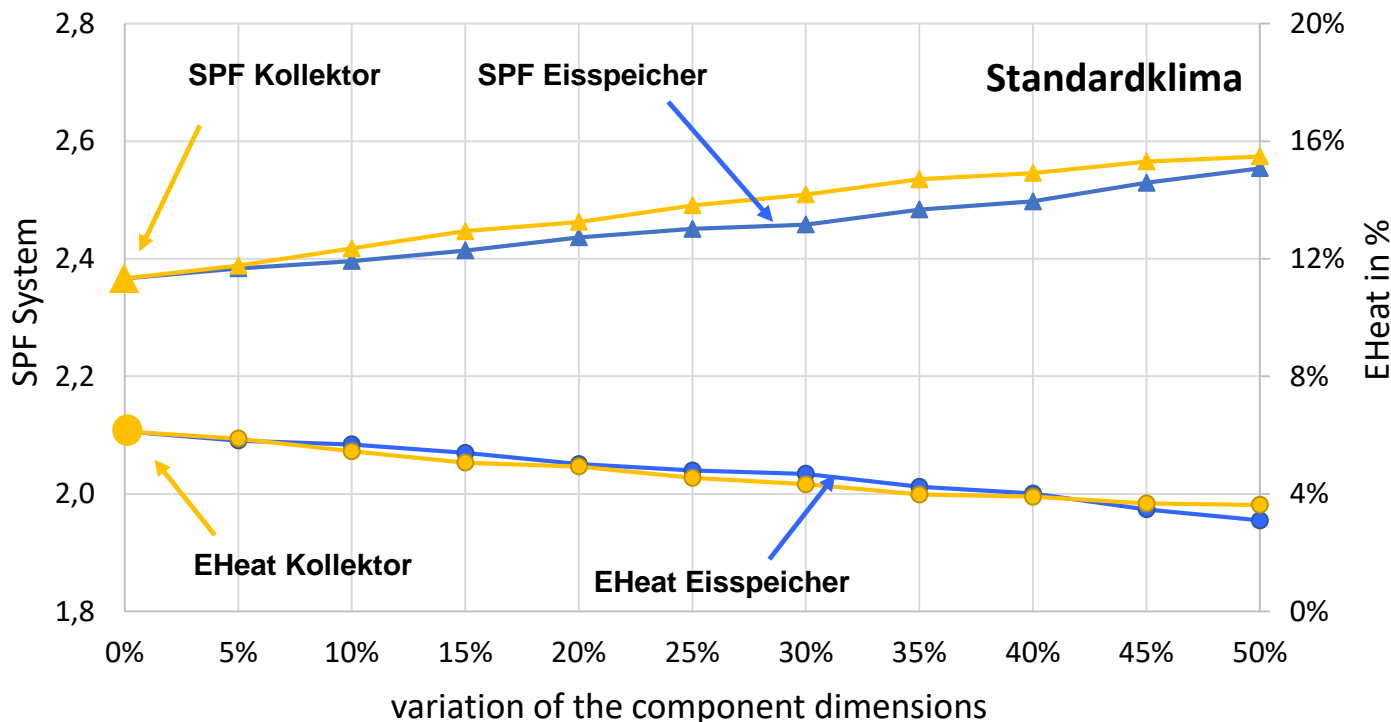
Simulation des validierten Systems mit für Weiz generierten Klimadaten (Meteonorm)

- Standard $T_{a_m} = 9,8 \text{ °C}$ $I_{Gh_m} = 1186 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Kalt $T_{a_m} = 7,7 \text{ °C}$ $I_{Gh_m} = 988 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- Warm $T_{a_m} = 11,9 \text{ °C}$ $I_{Gh_m} = 1352 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Ausblick Weiz

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit

Simulation des validierten Systems mit für Weiz generierten Klimadaten (Meteonorm)



=> Vergrößerung der Kollektorfläche wäre für Weiz sinnvoll

Dimensionierungsrichtlinie

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit

Ziel: Einfaches und unkompliziertes Auslegen solcher Systeme anhand des Heizwärmebedarfs

Zu bestimmen:

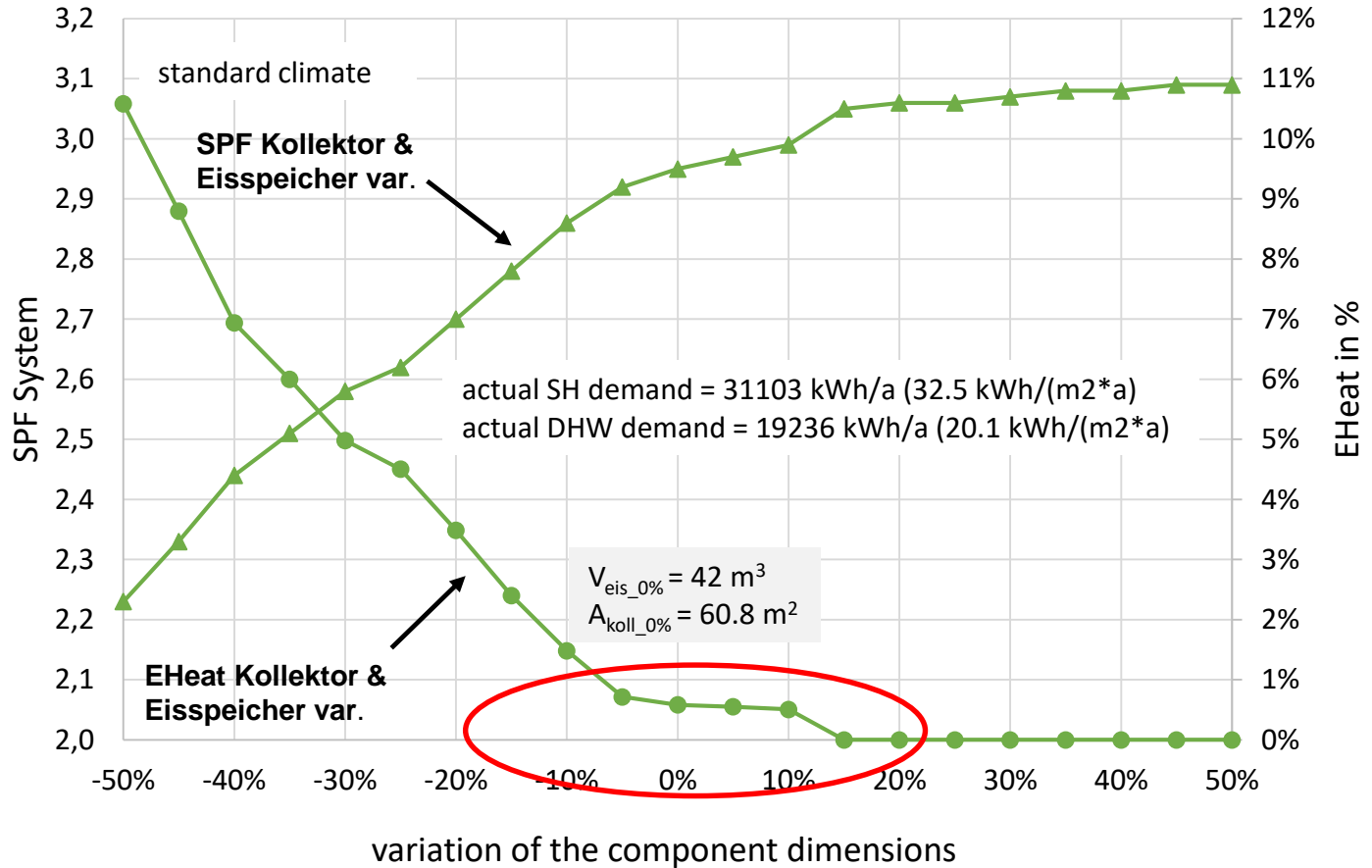
- Wärmepumpenleistung
- Solarkollektorfläche
- Eisspeichervolumen

Vorgehensweise:

- Abbildung von Gebäuden mit verschiedenem HWB
- Dimensionierung des Heizungssystems
- Erstellen eines Kennlinienmodells

Sensitivitätsanalyse

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit

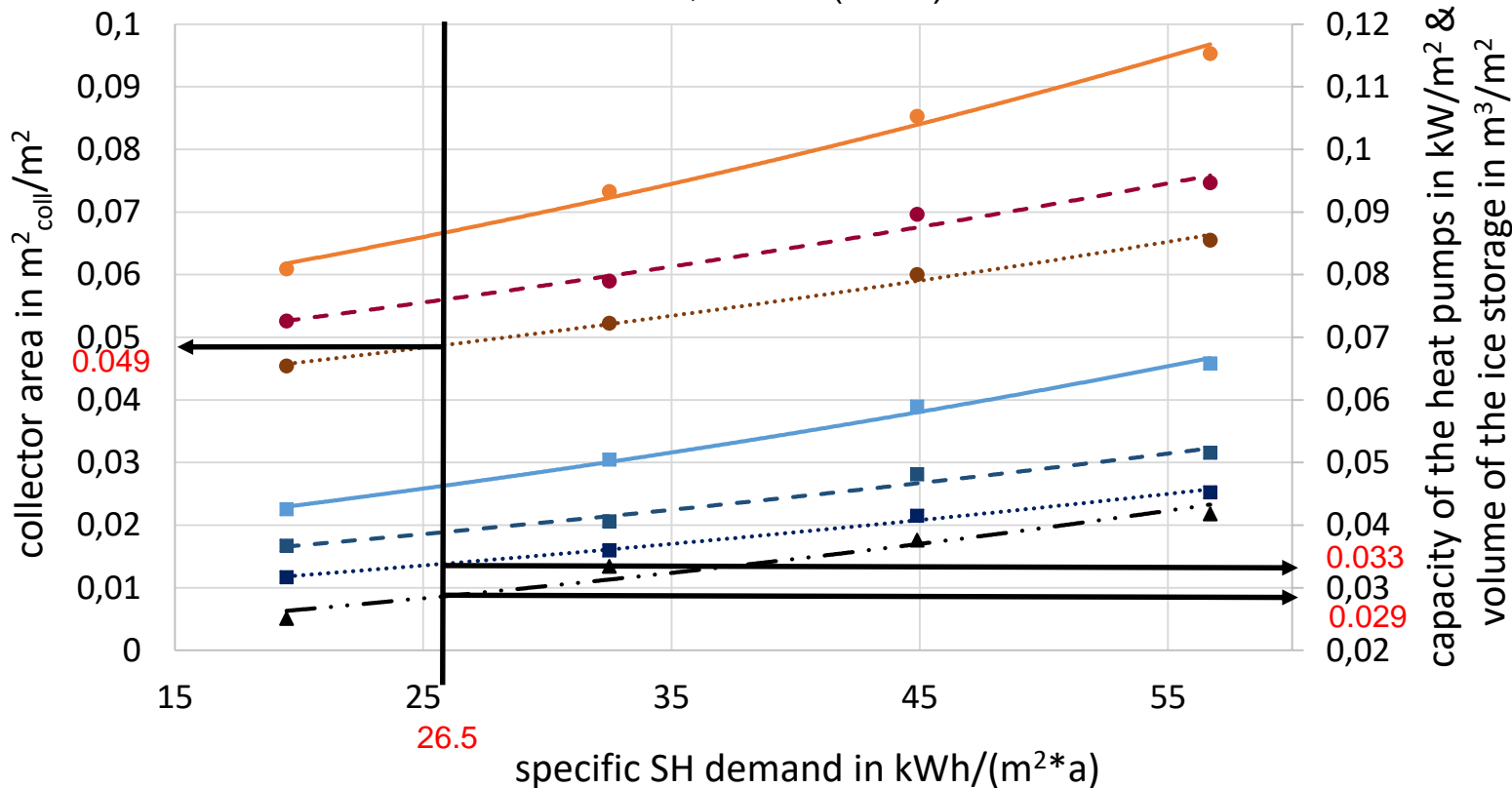


=> Auslegung nach Anteil elektrischer Nachheizung: 0% 1% 3%

Ergebnis Standardklima

inklusive WW-Bedarf von 20,1 kWh/(m²*a)

- Einleitung
- Grundlagen
- System Weiz
- Validierung
- Dimensionierung
- Fazit



$A_{koll} = 46.9 \text{ m}^2$
 $V_{eis} = 31.6 \text{ m}^3$
 $\dot{Q}_{HP} = 27.8 \text{ kW}$

Weiz

$A_{koll} = 30 \text{ m}^2$
 $V_{eis} = 21 \text{ m}^3$
 $\dot{Q}_{HP} = 16 \text{ kW}$

- A_coll 0% aux. heat.
- A_coll 1% aux. heat.
- A_coll 3% aux. heat.
- V_ice 0% aux. heat.
- V_ice 1% aux. heat.
- V_ice 3% aux. heat.
- ▲ Q_HP

Zusammenfassung

Einleitung

Grundlagen

System Weiz

Validierung

Dimensionierung

Fazit

- Tool zum Auswerten der Messdaten entwickelt
- Probleme whrd. Inbetriebnahmephase behoben
- Betriebsjahre 2016 bis 2019 ausgewertet und analysiert

- System läuft zuverlässig
- Erhöhter Wärmebedarf im Vgl. zu Energieausweis
- Wärmequellensystem zu klein dimensioniert

- Simulationsmodell validiert
- Optimierungsvorschläge für die Anlage in Weiz ausgearbeitet
- Erste Dimensionierungsrichtlinie entwickelt



HPT Annex 50

Heat Pumps in Multi-Family Buildings

Task 3.2: System Simulation

Country Report

AUSTRIA

 TU
Graz
Graz University of Technology

Edited by R. Pratter, W. Lerch, R. Heimrath, R. Rieberer
Contact: rene.rieberer@tugraz.at

June 30, 2020 (Version 1)



HPT Annex 50

Heat Pumps in Multi-Family Buildings

Task 4.0: Demonstration and Monitoring

Country Report

AUSTRIA

 TU
Graz
Graz University of Technology

Edited by R. Pratter, W. Lerch, R. Heimrath, R. Rieberer
Contact: rene.rieberer@tugraz.at

September 25, 2020 (Version 1.0)

Weiterführende Informationen

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/hot-ice-weiz/>



<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/hpp/iea-hpp-annex-50.php>



rene.rieberer@tugraz.at



Danksagung

Die Teilnahme am IEA HPT Annex 50 wird im Rahmen der IEA-Forschungskooperation im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie finanziert (FFG Projekt-Nr. 853031).

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

 Bundesministerium
Verkehr, Innovation
und Technologie

 **FFG**
Forschung wirkt.

Das Projekt „Hot Ice Weiz“ wurde durch das Land Steiermark und die Werner Hohegger Forschungsstiftung finanziell unterstützt!

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**