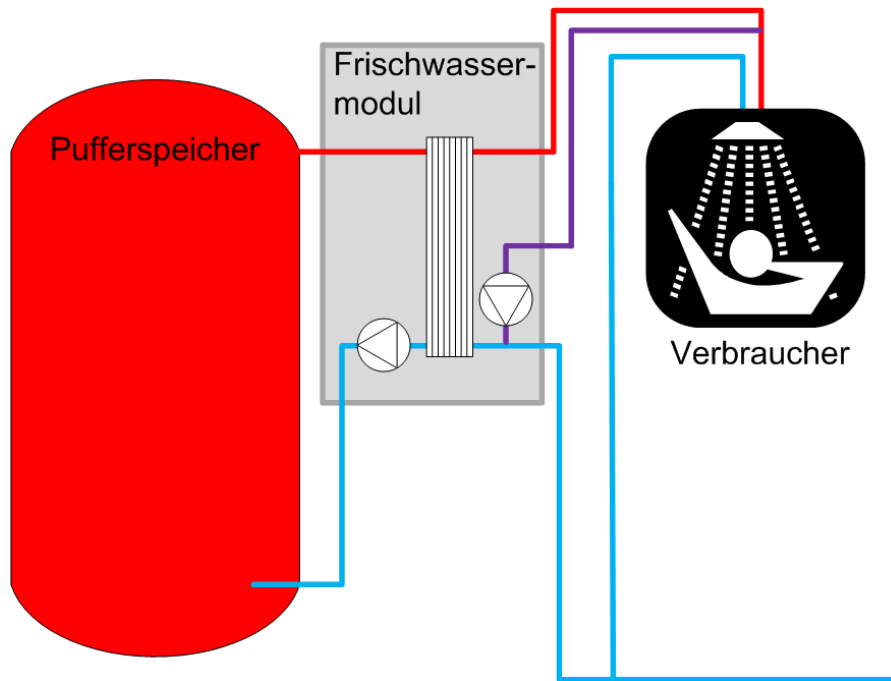


Messung und Bewertung von Frischwassermodulen



Florian Ruesch

SPF Forschung

SPF Institut für Solartechnik

Hochschule für Technik HSR

Rapperswil

Was ist ein Frischwassermodul?

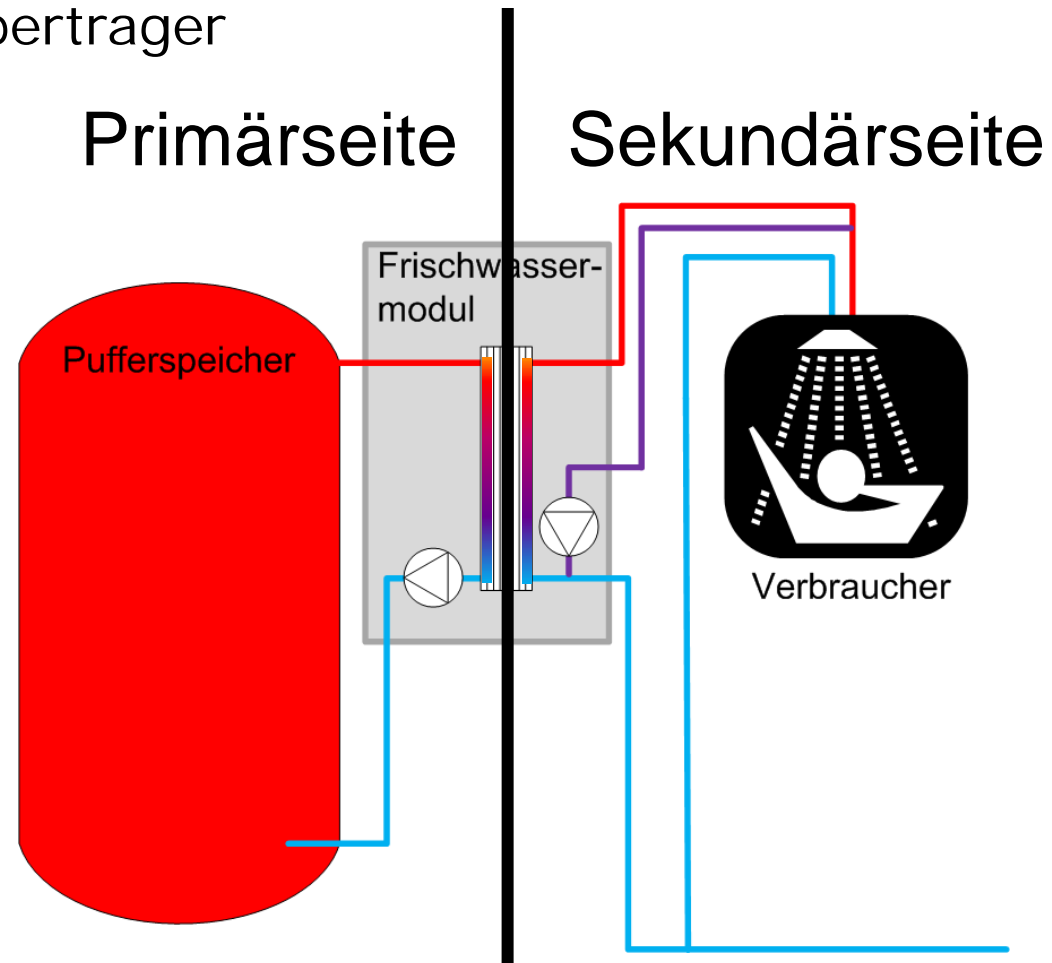
Erwärmung des Trinkwassers mit gespeichertem Pufferwasser mittels externem Wärmeübertrager

Frischwassermodul:

1. Wärmeübertrager
2. Primärkreispumpe
3. Temperaturregelung

Optional:

4. Zirkulationsmodul



Ausgangslage

Frischwassermodule liegen im Trend

- strengere Hygienevorschriften (DVGW W551, SIA 385/1)
- grössere Solarspeicher

Vergleich

- Herstellerangaben bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen
- keine unabhängige Prüfung von Herstellerangaben

→ Entwicklung einer einheitlichen Testprozedur

Vorgehen

Aufbau Teststand (Module bis 50 l/min)

Testreihe zur Identifikation wichtiger Parameter

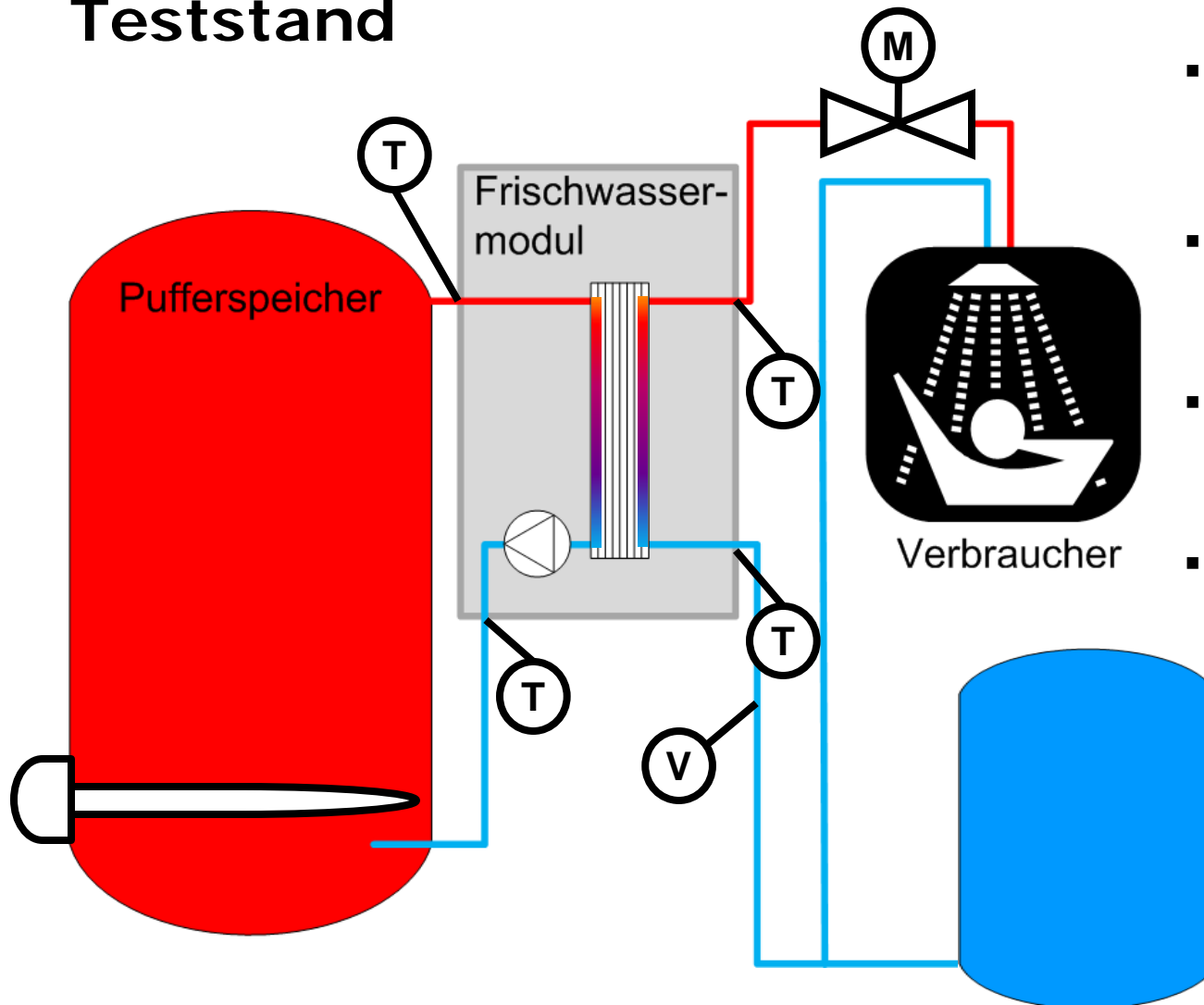
Erarbeiten und definieren von Bewertungskriterien

- aussagekräftig
- vertretbarer Aufwand

Testreihe nach erarbeiteten Kriterien

Publikation der Resultate

Teststand



- Temperaturmessung
 - genau
 - schnell
- Primär-
vorlauftemperatur
 - konstant
- Sekundär-
rücklauftemperatur
 - konstant
- Durchfluss
 - genaue Messung
 - schnell einstellbar

Beurteilungskriterien

Leistung

- Maximaler Durchfluss
- Minimaler Durchfluss

Komfort

- Änderung der Vorlauftemperatur
- Temperaturschwankungen
- Zeitverzögerung

Effizienz

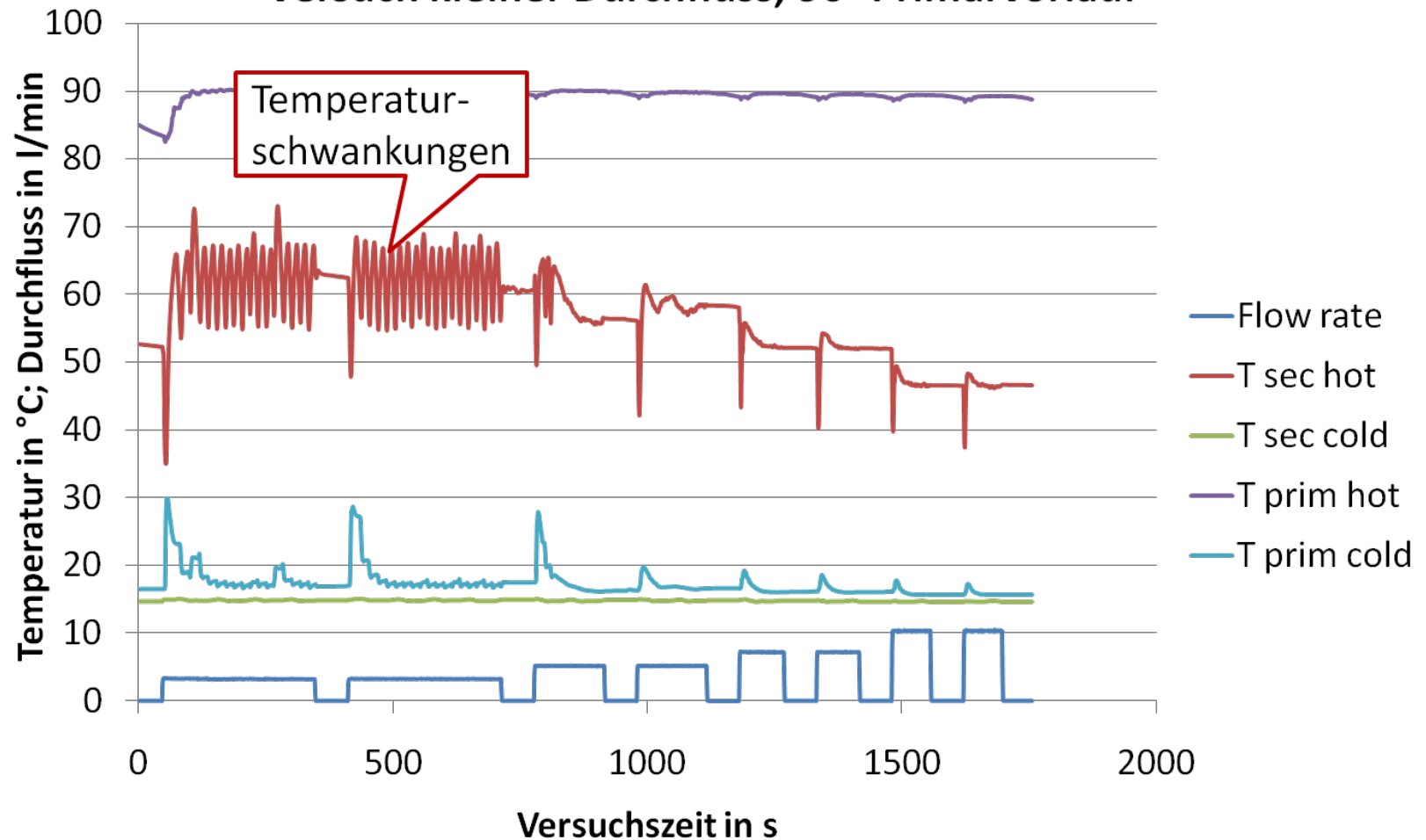
- Elektrischer Verbrauch
- Auskühlverluste
- Einfluss auf Systemeffizienz

Wartung/Installation

- Vollständigkeit der Betriebsanleitung
- Möglichkeit zur Wartung
- ...

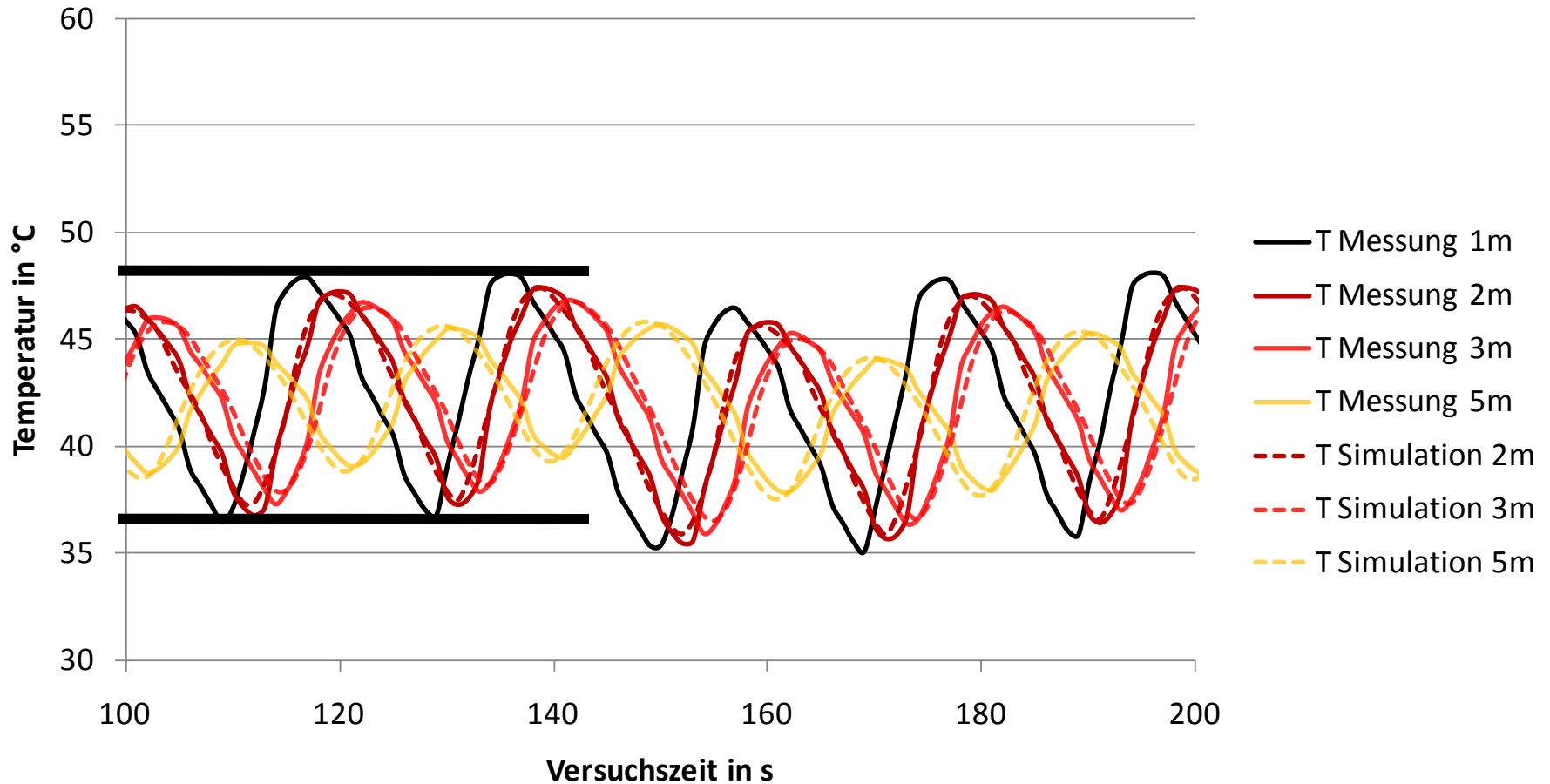
Messresultat: Temperaturschwankungen

Versuch kleiner Durchfluss, 90° Primärvorlauf



Dämpfung von Temperaturschwankungen

Vergleich von gemessenen und simulierten Daten



Simulation von Temperaturschwankungen

Variation von:

Amplitude, Dauer, Form, Durchfluss, Leitungsmaterial, Leitungslänge

Auswirkung, Bezeichnung	Leitung	Kriterium
keine störenden Schwankungen	5 m PEX 16 x 2.2 mm	$\Delta T < 2 \text{ }^\circ\text{C}$
im Normalfall keine störenden Schwankungen	10 m CU 22 x 1 mm	$\Delta T < 2 \text{ }^\circ\text{C}$
störende Schwankungen	10 m CU 22 x 1 mm	$\Delta T < 5 \text{ }^\circ\text{C}$
starke Schwankungen	10 m CU 22 x 1 mm	$\Delta T \geq 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Kategorien in Anlehnung an VDI 6003 und DIN EN 13203-1

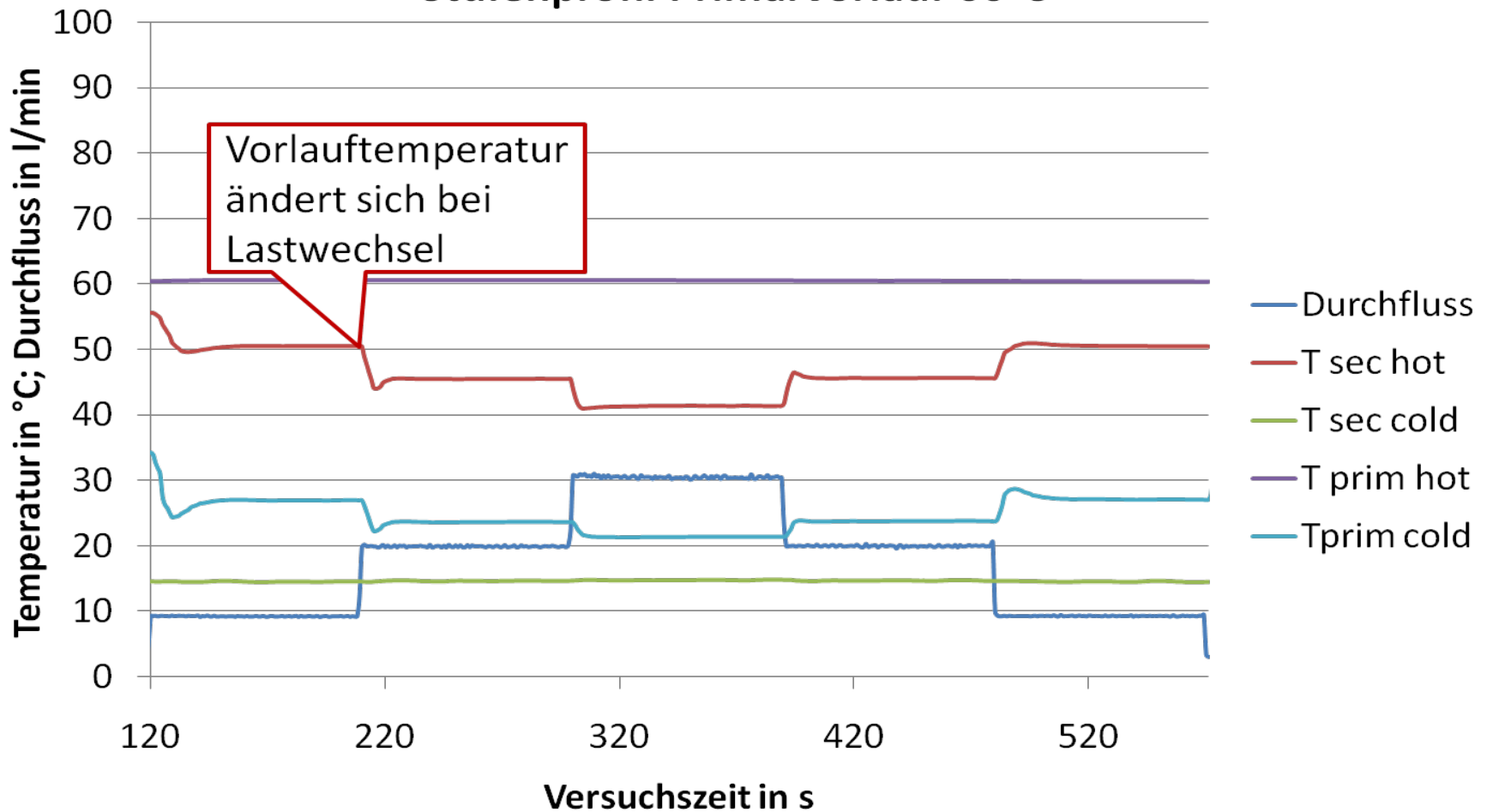
Zuordnung von Temperaturschwankungen

Die Amplitude der Temperaturschwankung muss unter dem angegebenen Wert in Kelvin liegen, so dass ‚im Normalfall keine störenden Schwankungen‘ zu erwarten sind ($\Delta T < 2 \text{ }^\circ\text{C}$ bei 10 m CU 22 x 1 mm)

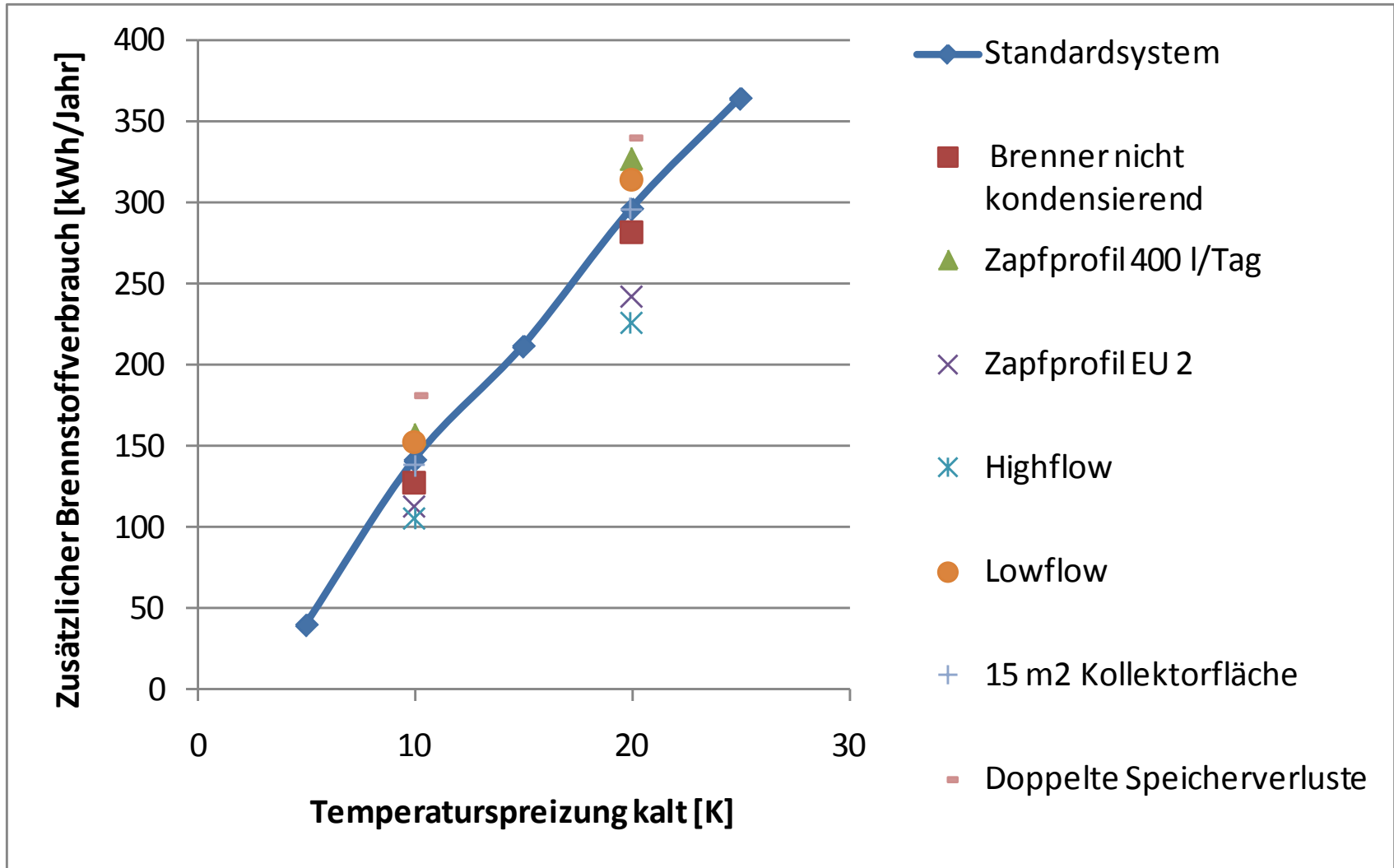
Dauer der Schwankung in s	Durchfluss in l/min											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
2	33.7	17.1	13.7	11.6	10.2	9.2	8.4	7.7	7.2	6.8	5.4	4.6
3	21.6	11.7	9.5	8.1	7.2	6.5	5.9	5.5	5.2	4.9	4.0	3.5
4	16.4	9.1	7.4	6.4	5.7	5.2	4.8	4.5	4.2	4.0	3.3	3.0
5	13.3	7.6	6.3	5.4	4.9	4.4	4.1	3.9	3.7	3.5	3.0	2.7
6	11.3	6.6	5.5	4.8	4.3	4.0	3.7	3.5	3.3	3.2	2.7	2.5
7	9.9	5.9	5.0	4.4	3.9	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.6	2.4
8	8.9	5.5	4.6	4.0	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	2.8	2.5	2.3
9	8.1	5.1	4.3	3.8	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7	2.7	2.4	2.3
10	7.5	4.8	4.0	3.6	3.3	3.0	2.9	2.7	2.6	2.6	2.3	2.2
20	4.8	3.4	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1

Messresultat: Rücklauftemperatur

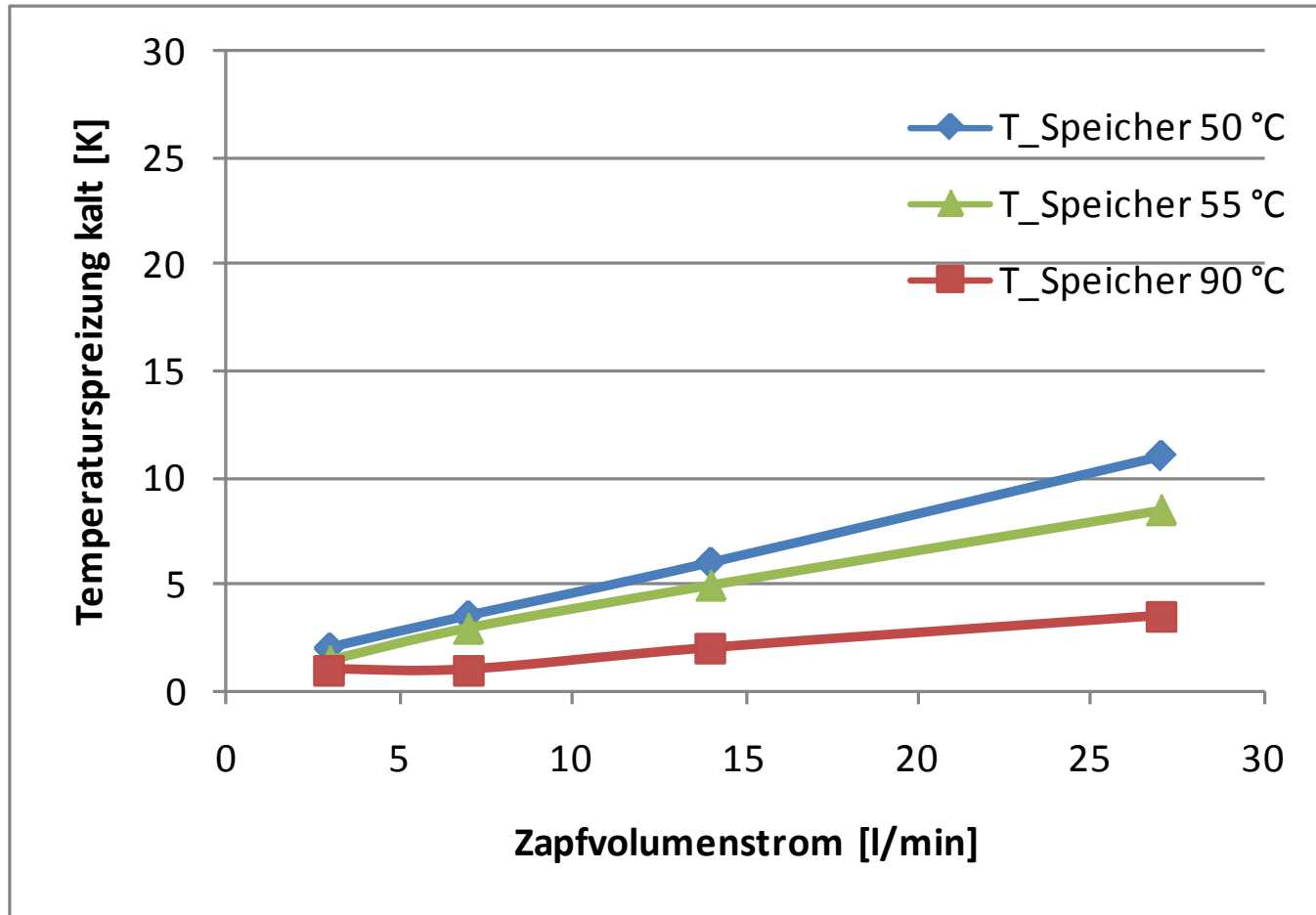
Stufenprofil Primärvorlauf 60°C



Simulationen Referenzsystem



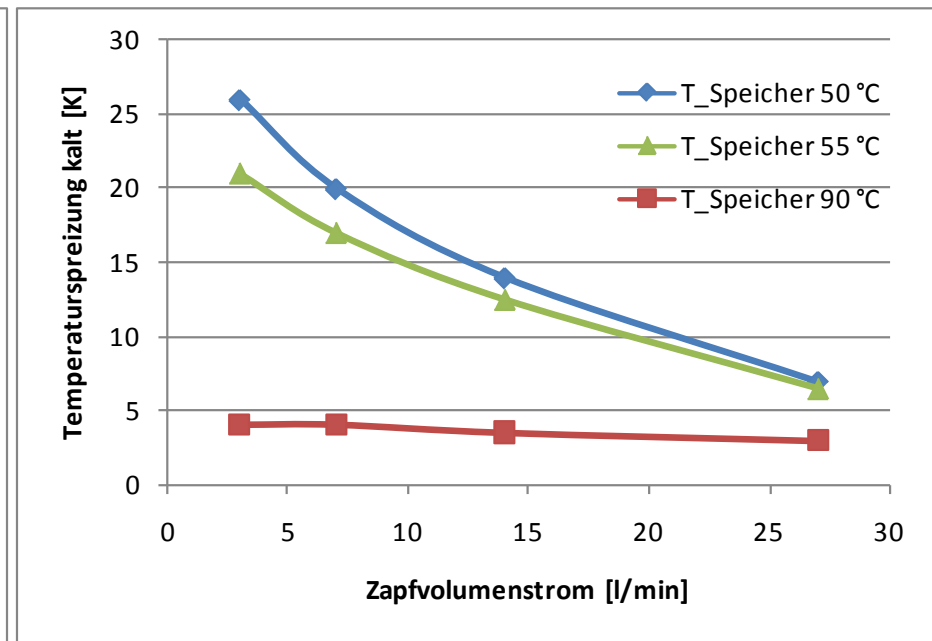
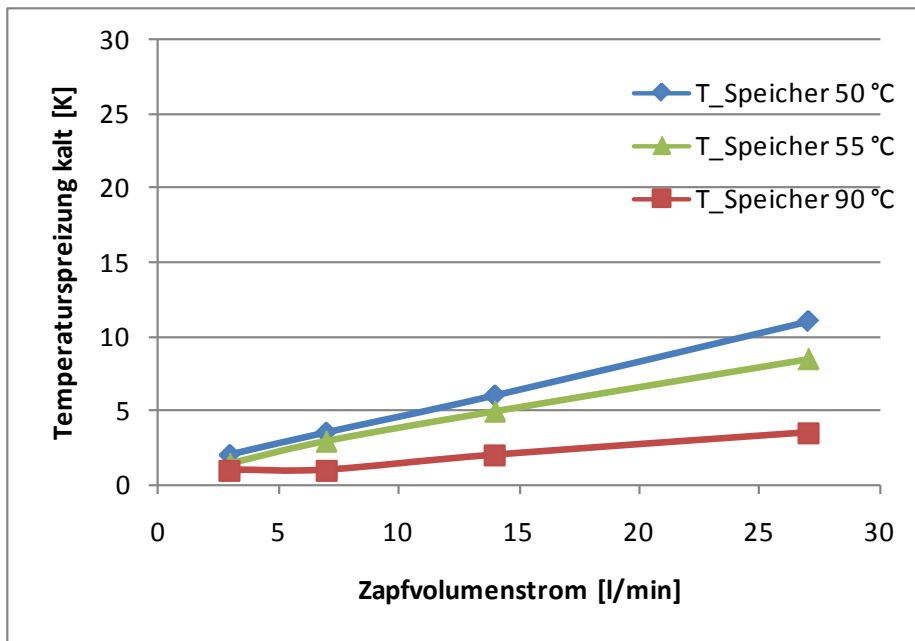
Beispiel: Messung Rücklauftemperatur



Eingestellte Solltemperatur 45 °C

Beispiel: Messung Rücklauftemperatur

Eingestellten Solltemperatur 45 °C



Simulation: → 42 kWh/Jahr

→ 222 kWh/Jahr

Mehrverbrauch gegenüber idealem Wärmeübertrager

Zusätzlicher Jahresverbrauch nach vereinfachter Methode

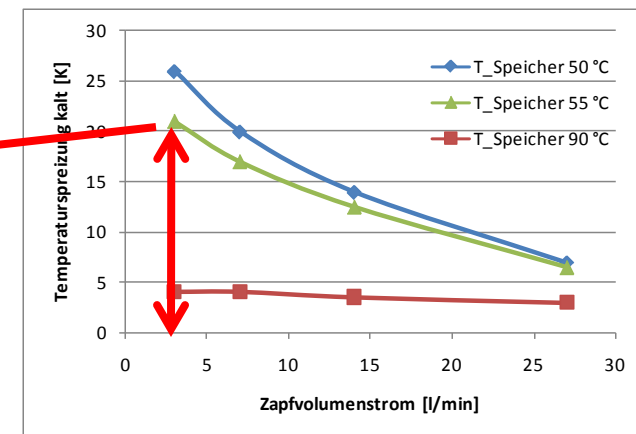
$V_{\text{sec}42^\circ\text{C}}$	T_{Speicher}	F_i [kWh/K/Jahr]
3 l/min	55°C	2.0
7 l/min	55°C	8.6
14 l/min	55°C	2.4
7 l/min	90°C	1.8

$$\text{Jahresverbrauch} = \sum_i F_i * \Delta T_i$$

Beispiel:

$$2.0 * 22 + 8.6 * 17 + 2.4 * 10.5 + 1.8 * 6.5$$

$$= \underline{\underline{227 \text{ kWh/Jahr}}}$$



Resultate Leistung

Maximaler Durchfluss

- Angaben der Hersteller nicht vergleichbar, da Annahmen für Eintrittstemperaturen unterschiedlich

Minimaler Durchfluss

- Bei allen getesteten Modulen zwischen 1 - 2 l/min
- Bei minimalem Durchfluss oft starke Temperaturschwankungen

Resultate Komfort

Temperaturschwankungen

- Die meisten Module erzeugen beim Duschen keine störenden Schwankungen
- Kritisch sind kleine Zapfvolumenströme und Lastwechsel

Zeitverzögerung

- Durch Einschwingen

Änderung der Zapftemperatur

- Bei hydromechanischer und elektronischer Regelung möglich

Resultate Energieeffizienz

- Elektrischer Stromverbrauch
 - Stand-by Verbrauch entscheidend
(gemessen: 13-32 kWh/Jahr)
 - Verbrauch Pumpen: (geregelt: 2-10 kWh/Jahr)
(ungeregelt: 20-38 kWh/Jahr)
- Auskühlverluste
 - Keine grossen Unterschiede zwischen den Module
 - Grössenordnung 80 kWh/Jahr
- Rücklauftemperatur
 - Grossen Unterschiede zwischen den Module (40-230 kWh/Jahr)
 - Modul nicht überdimensionieren

Fazit

Testprozedur mit Beurteilungskriterien

- Planer und Endnutzer

Teststand und Know-How zur Beurteilung von Frischwassermodulen

- Entwickler

Besten Dank

florian.ruesch@solarenergy.ch

Weitere Informationen: www.spf.ch → Publikationen