



Solarthermie in Mehrfamilienhäusern

**Planung, Realisierung und Betrieb einer Solarthermieanlage auf einem
denkmalgeschützten Gebäudeensemble in Freiburg**

Projektpartner

Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

BVB BAUVEREIN
BREISGAU eG

Fraunhofer
ISE

Freiburg 
I M B R E I S G A U

Solarthermie-Initiative Freiburg: Was und Warum?



Was?

- Stadt Freiburg will mit einem Pilotprojekt die Nutzung von Solarthermie im Mehrgeschosswohnungsbau stimulieren

Warum?

- Keine Wärmewende ohne Nutzung der Sonnenwärme
- Aber: Aktuell wird nur 1 - 2% des Wärmeverbrauchs in Privathaushalten durch Solarthermie gedeckt!
- Großes Potential insbesondere im bestehenden Mehrgeschosswohnungsbau
- Gebäude mit 3 bis 12 Wohneinheiten umfassen 80 % aller Mietwohnungen

Solarthermie-Initiative Freiburg: Partner



Initiierung



Förderung

Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz



Realisierung



Wissenschaftliche Begleitung



Demonstrationsprojekt: Emmendinger Straße 16 - 34, Freiburg



Übersicht Gebäudedaten

- Erstes Objekt des Bauverein Breisgau
- Denkmalsgeschütztes Mehrfamilienhaus-Ensemble, Baujahr 1903-1904
- 4770 m², 92 Wohnungseinheiten, 2 Gewerbeeinheiten
- Durchschnittlich 624 MWh pro Jahr für Heizung und Trinkwasser
- Vor der Sanierung wurden alle Wohnungen mit Einzelfeuerstellen beheizt, zum Teil sogar noch mit Einzelöfen in den Zimmern.
- Außenfassadendämmung wegen Denkmalschutz nicht möglich.



Übersicht Maßnahmen

Was wurde getan?

- Einbau eines Mikronahwärmenetzes mit 10 Wärmespeichern gespeist von einer Solarthermieanlage, einem BHKW und einem Gas-Brennwert-Kessel

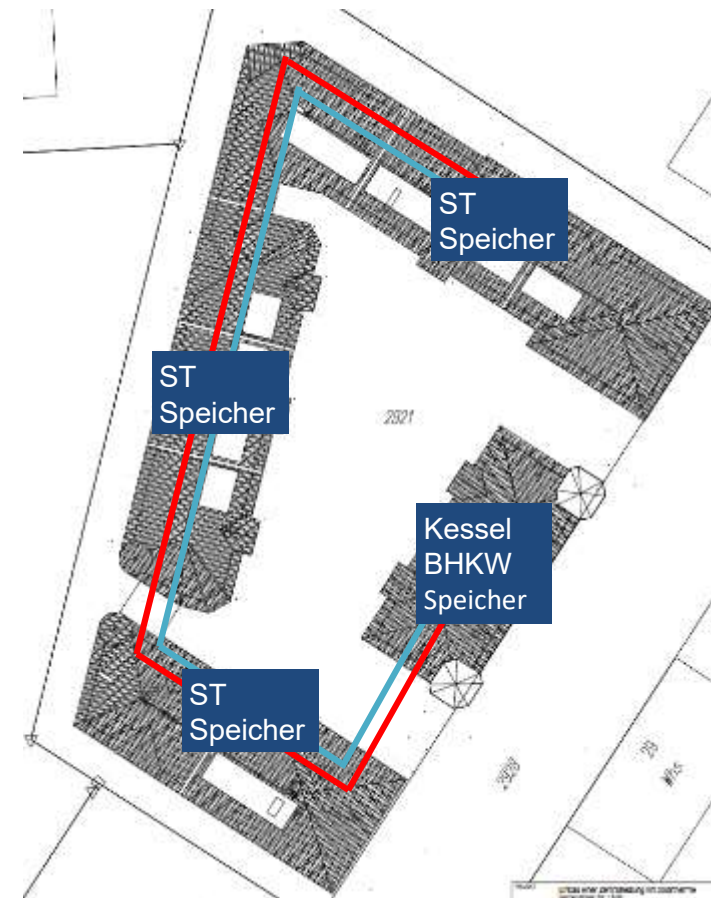
Leistung der Heizquellen

- 76 Solarthermiekollektoren mit einer Gesamtfläche von 191 m² und einer Nennleistung von ca. 150 kW_{th}
- BHKW mit bis zu 46,7 kW_{th} und 20 kW_{el}
- Gasbrennwertkessel mit 450 kW Leistung



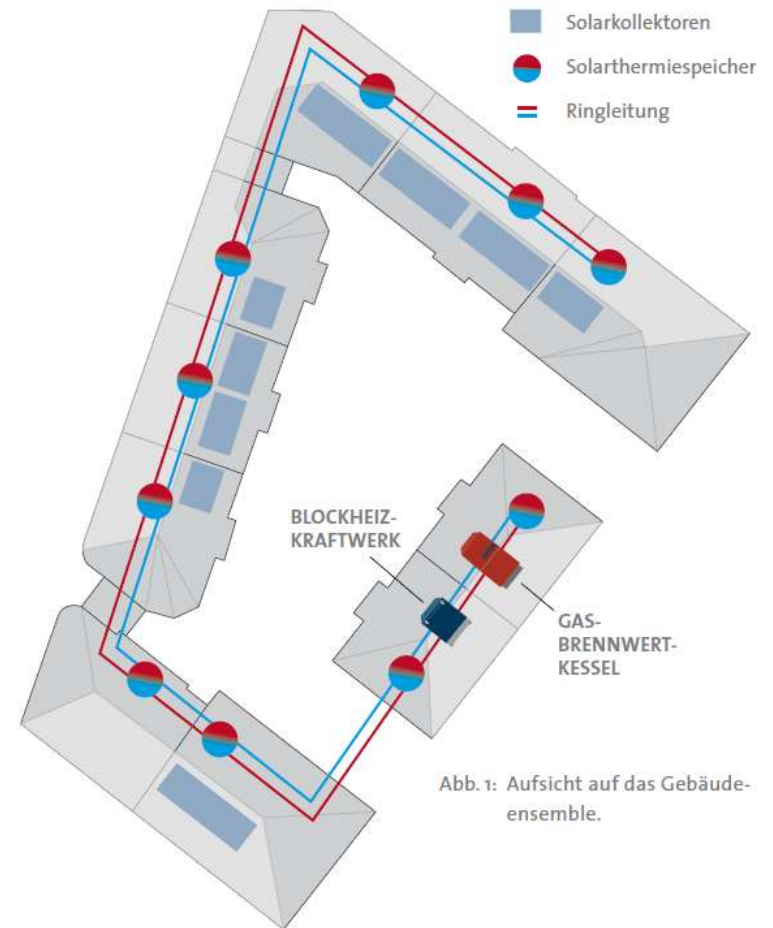
Konzeption der solarunterstützten zentralen Wärmeversorgung

- **Ringleitung**, ausgehend von einer Heizzentrale
 - Gaskessel
 - BHKW
 - Pufferspeicher
- **Unterstationen** in jedem weiterem Gebäude
 - Einbindung Solarthermie in Pufferspeicher
 - Möglichkeit der Rückspeisung über RL der Ringleitung in Richtung Heizzentrale

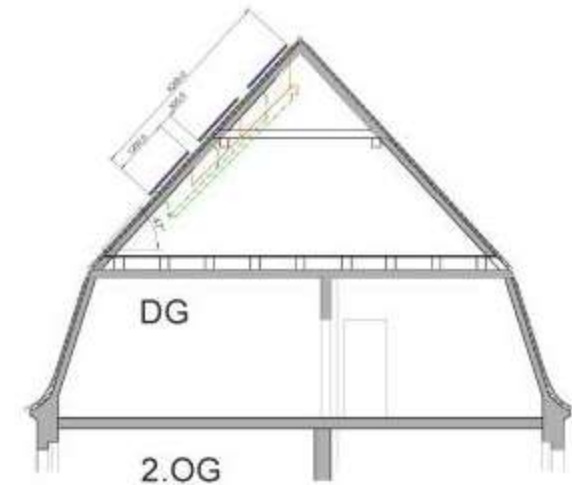
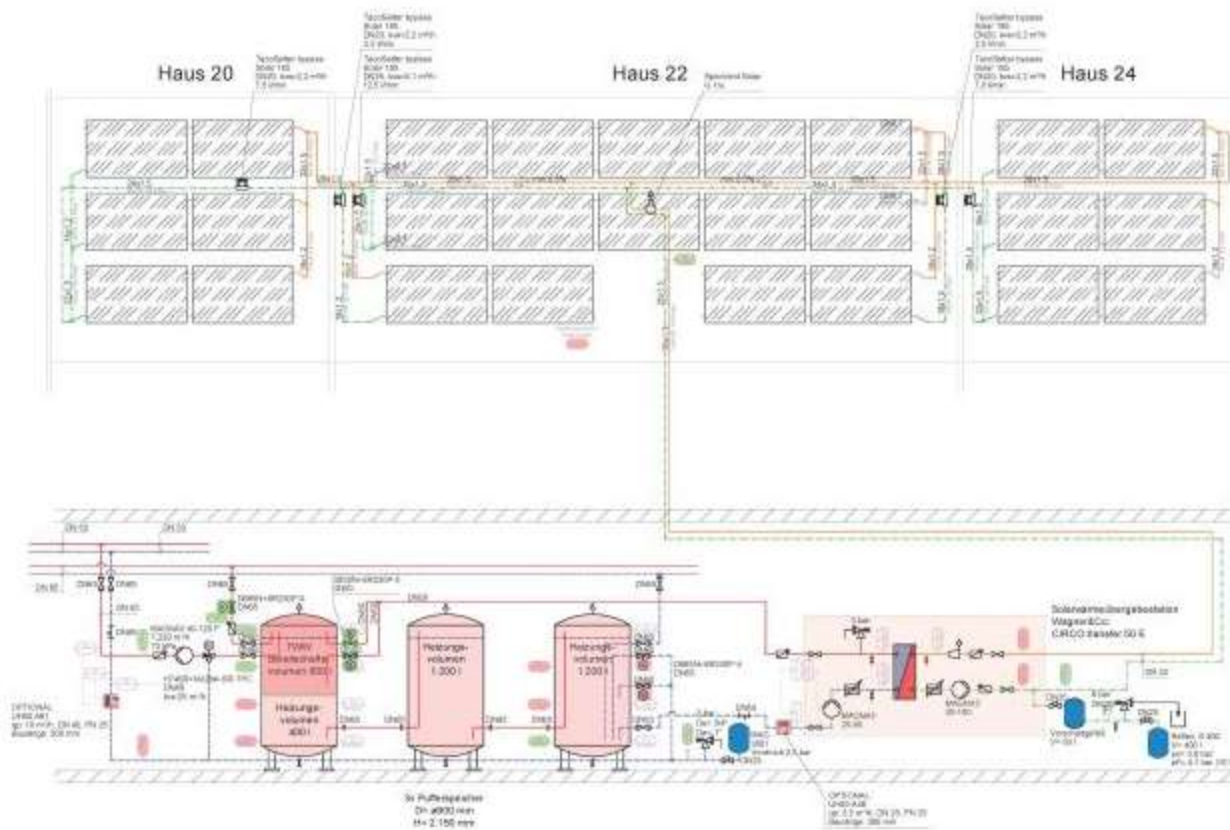


Konzeption einer solarunterstützten zentralen Wärmeversorgung

- Dimensionierung nach **VDI 6002**
- Nach Warmwasserbedarf bei Sommerschwachlast
- Speichervolumen ca. 50 Liter pro m² Kollektorfläche



Konzeption einer solarunterstützten zentralen Wärmeversorgung



Konzeption einer solarunterstützten zentralen Wärmeversorgung

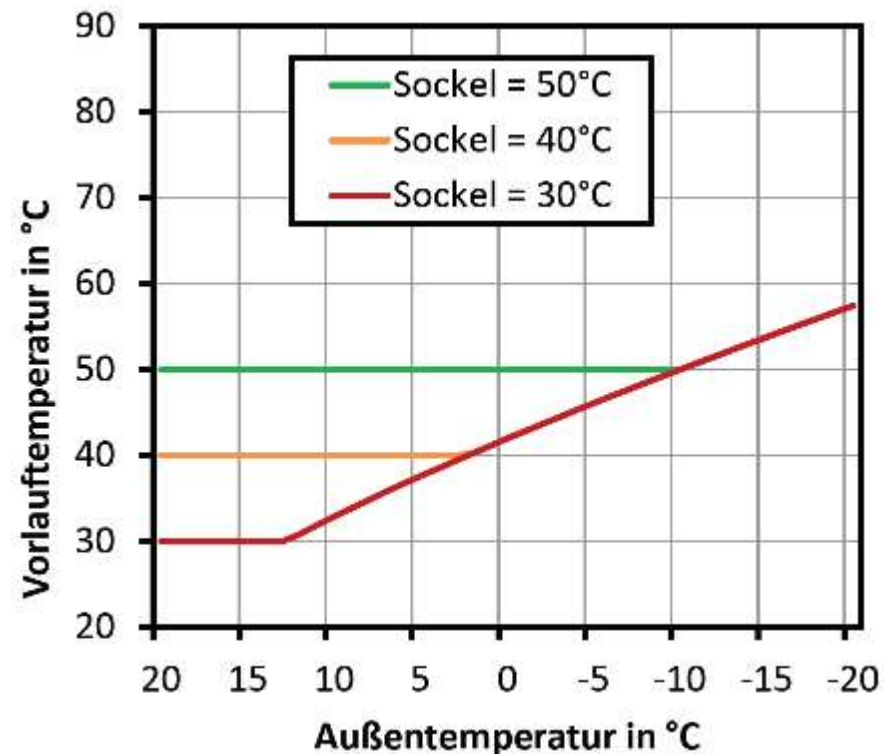
- **Thermodynamische** Integration von Solarthermie
 - **Rücklauf Temperaturniveau** im Prozess Wärmeversorgung beachten
 - Keine Durchmischung der Speicher
 - Einschichtung in Speicher nach Temperaturniveau
- **Bauliche** Integration von Solarthermie im Geschosswohnungsbau
 - Verfügbare Dachfläche mit geeigneter Ausrichtung
 - Integration (ästhetisch, hydraulisch) der Kollektoren
 - Genehmigungsverfahren
 - Aufstellflächen Technik
 - Leitungswege

Konzeption einer solarunterstützten zentralen Wärmeversorgung

- **Leistungsfähigkeit** der Systeme zur Wärmeübergabe in den Wohnungen entscheidend
 - Typischerweise Radiatorheizkörper mit hoher Vorlauftemperatur, jedoch auch hohem Sicherheitsaufschlag
 - Hydraulischer Abgleich durchführen!
- **Auslegungsgrenzen** für eingesetzte Systeme Wärmeübergabe ermitteln
 - Ggf. sind auch geringere Vorlauftemperaturen möglich, dadurch auch geringere Rücklauftemperaturen
- Ausbilden einer **Heizkurve** für **Vorlauftemperatur**
 - Sockeltemperatur für Trinkwassererwärmung im Sommer, wenn kein Heizbetrieb erfolgt

Konzeption einer solarunterstützten zentralen Wärmeversorgung

- **Sockeltemperatur** entspricht der Soll-Vorlauftemperatur für den Sommerfall, wenn kein Heizwärmebedarf vorliegt
- **Effiziente Systemtechnik** für gute **Auskühlung** erforderlich
- **Beide Temperaturniveaus** sind für effiziente Integration von (regenerativen Energien) Solarthermie ausschlaggebend
 - Rücklauf für hohe Erträge
 - Vorlauf für hohen solarthermischen Deckungsanteil



Oliver Mercker, ISFH

Wie schaffen wir tiefe Rücklauftemperaturen bei der WWB

- **Ausgangslage**
 - 92 dezentrale Wärmeerzeuger in Wohnungen
- **Lösungsansatz**
 - 2-Leitersystem
 - Dezentrale Wohnungsübergabestationen mit WWB möglichst ohne Zirkulation, 3 Liter Regel
- **Optimierung** der Wohnungsübergabestation zur **Rücklauf Temperaturabsenkung** durch Vermessung auf Prüfstand



Meibes System-Technik GmbH

Wohnungsübergabestation auf dem Prüfstand

Bezeichnung der Prüflinge: Logo Comfort 600 Basis / LogoComfort 600; 11104.18

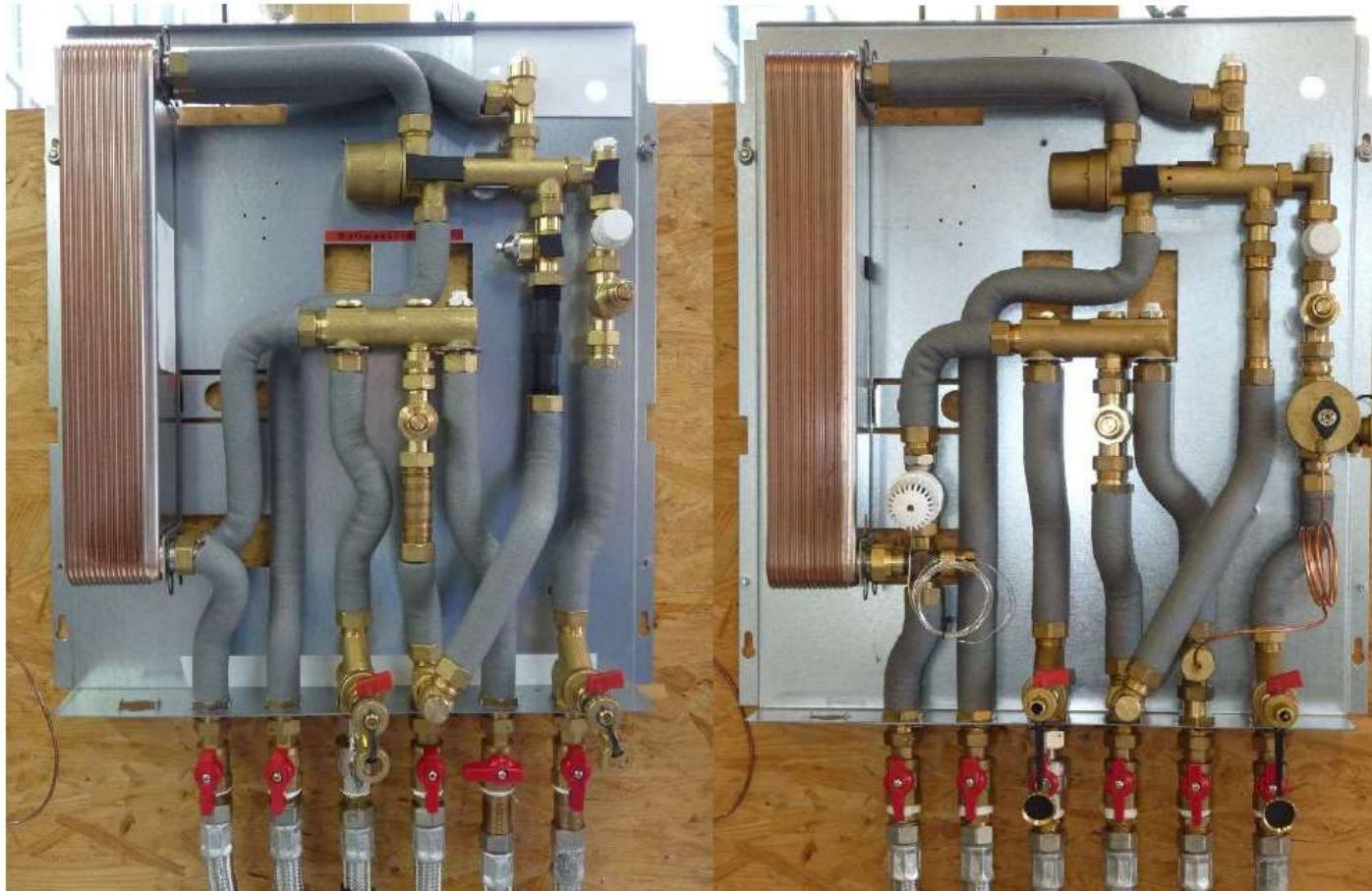


Abbildung 1: Die Frischwasserstationen auf dem Prüfstand

Wohnungsübergabesation Serie

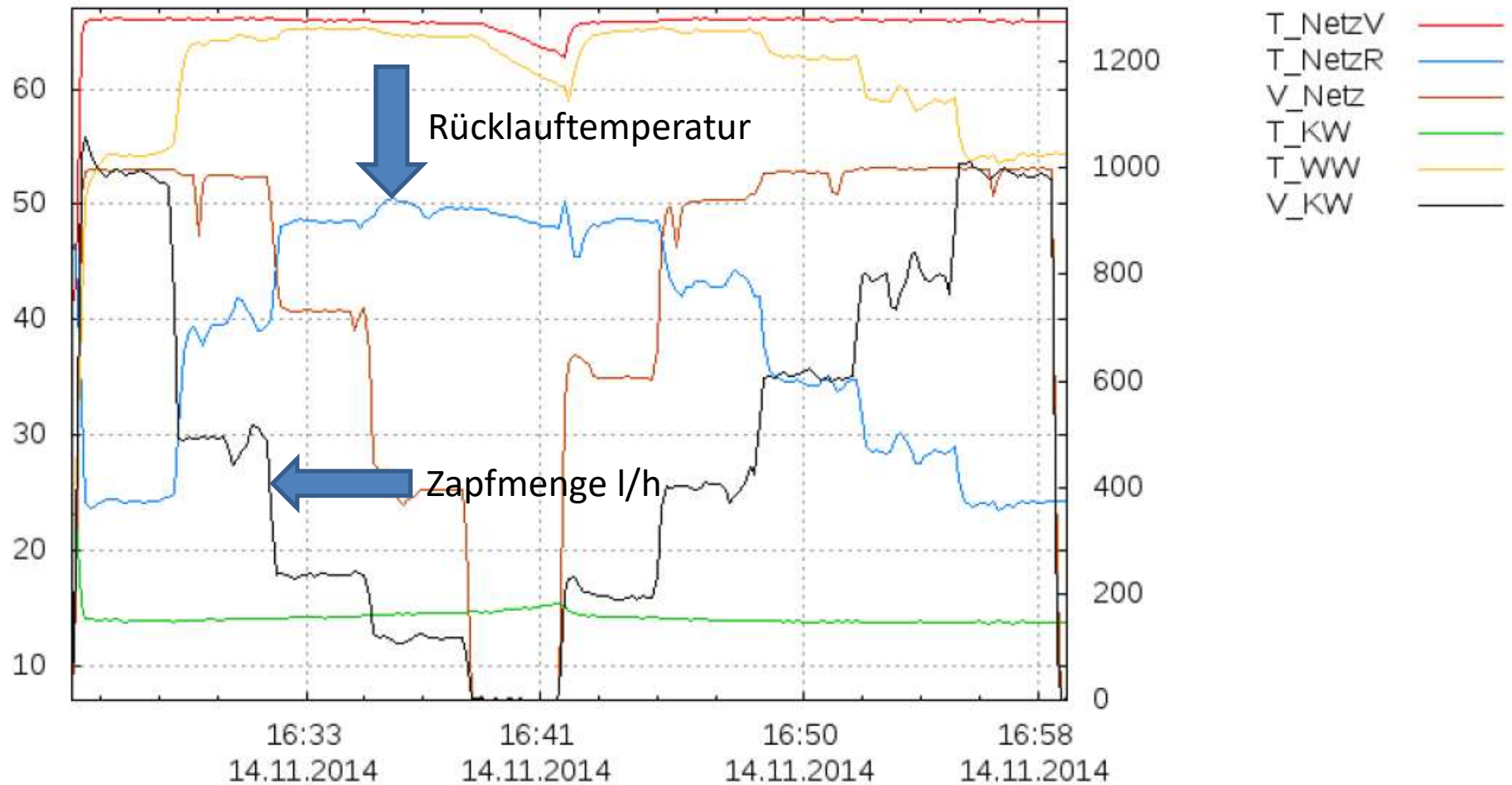


Abbildung 3 zeigt die Messergebnisse der Wohnungsübergabestation 1 bei den geforderten Prüfbedingungen von 65 °C Netzvorlauftemperatur im Auslieferungszustand.

Wohnungsübergabestation modifiziert

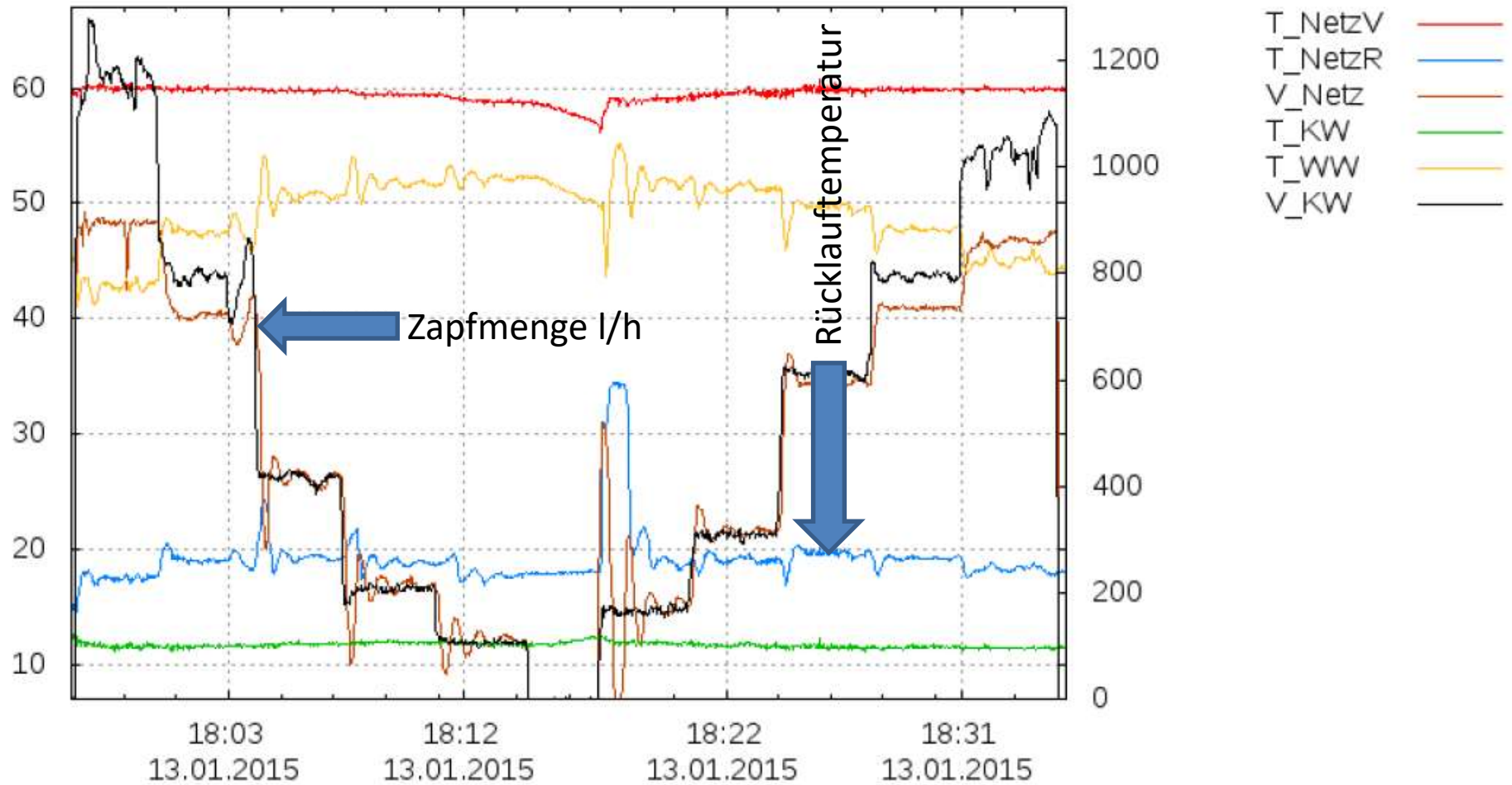


Abbildung 7 zeigt die neu aufgebaute Wohnungsübergabestation 2 mit einer abgesenkten Netzvorlauf-temperatur von 60 °C.

Was wurde an der Wärmeübergabestation geändert?

Aufgrund der Messungen und der zu hohen Netzurücklauftemperatur wurde die Station unter Mithilfe von Mitarbeitern der Fa. Meibes am 26.11.2014 umgebaut. Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

- Einbau eines Brauchwarmwasserthermostatventils in den Netzurücklauf. Kvs-Wert 5,5 m³/h.
- Thermostatventilregler mit einem Temperaturbereich von 20 – 70 °C mit einem Fernfühler im Warmwasseraustritt.
- Der „Balancer“ in der Netzvorlaufleitung wurde entfernt
- Die Stauscheibe zur Zapfmengenbegrenzung auf 17 L/min wurde ausgebaut.
- Die Stationswarmhaltung TZB wurde an die Netzvorlaufleitung angebaut.

Bezeichnung der Prüflinge: Logo Comfort 600 Basis / LogoComfort 600; 11104.18

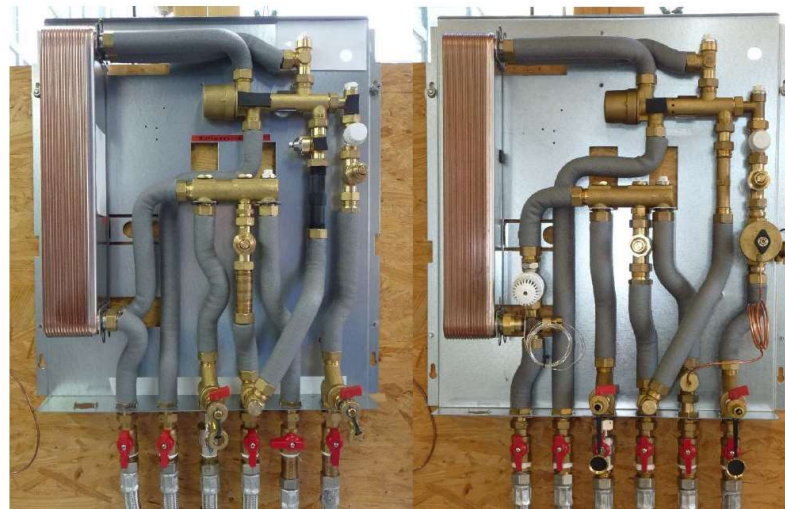


Abbildung 1: Die Frischwasserstationen auf dem Prüfstand

Häufigkeit von Anlagenmängel an solarthermischen Anlagen

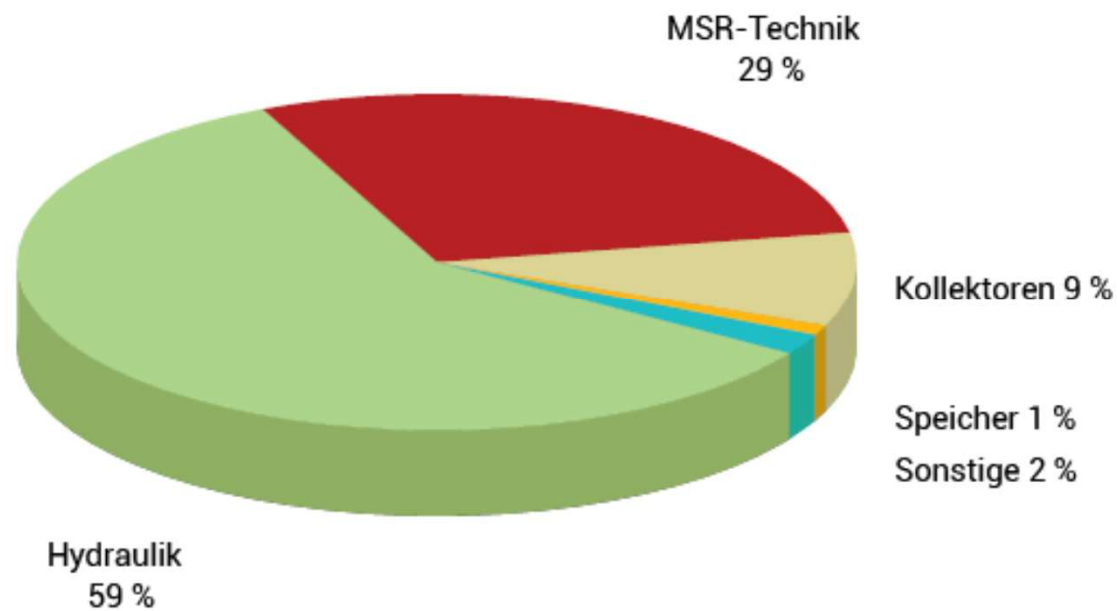
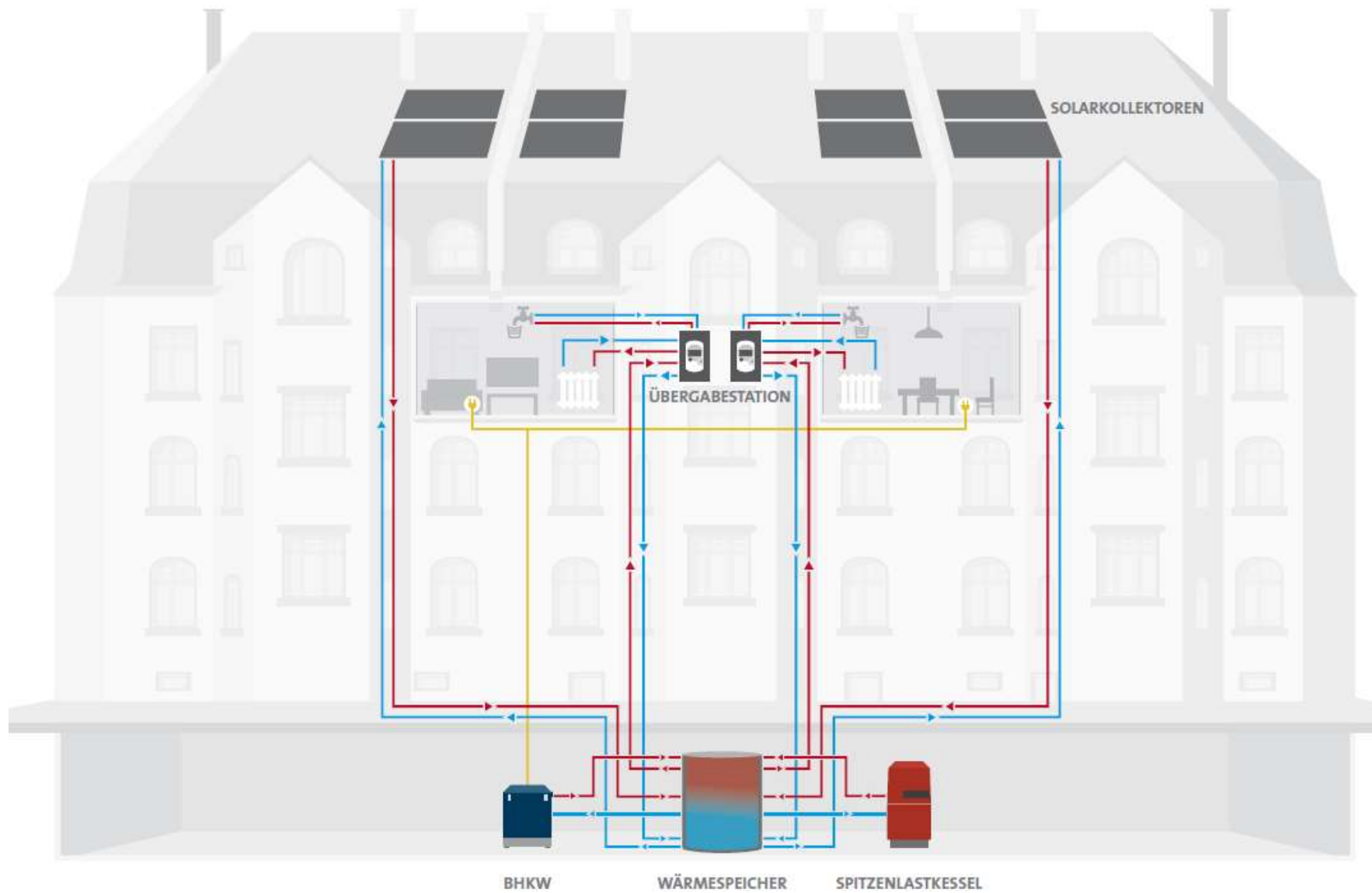


Abbildung 7-1
Anlagenmängel bei
ST-Anlagen nach
/BAUM-01 08/

Anlagenprinzip Emmendinger Straße



Aufbau des Mikronahwärmenetzes und Umbau der Wärmeverteilung bei laufendem Betrieb der Bestandsanlagen



Denkmalgerechte Anordnung und Ausführung Solarthermieanlage



Heizungs- und Steuerungszentrale



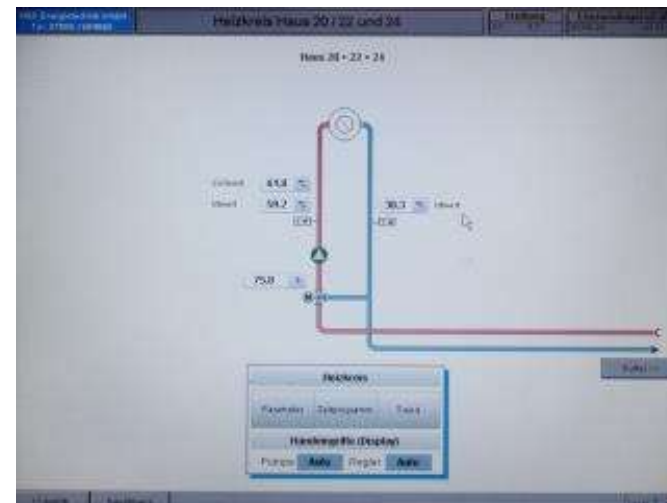
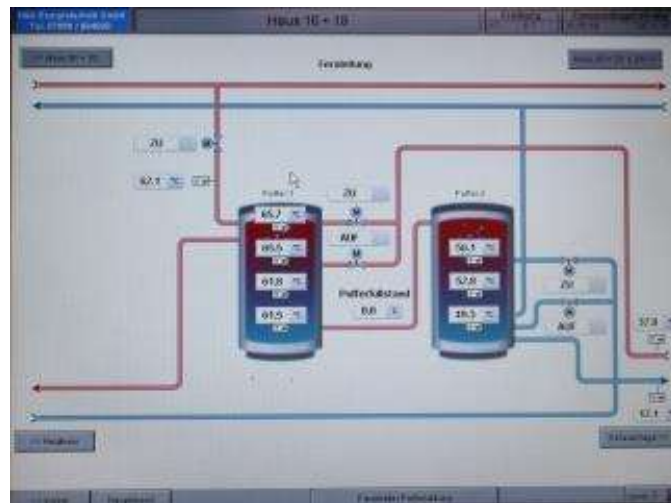
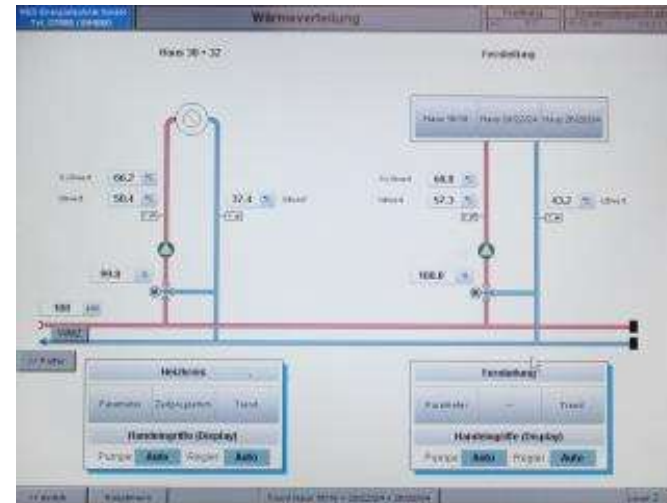
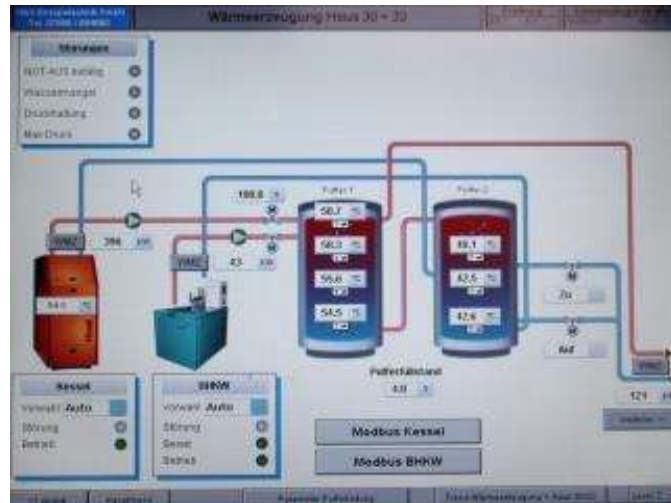
Blockheizkraftwerk und Spitzenlastkessel



Übergabestation Solar



Zentrale Datenerfassung und Auswertung inkl. Fernauslesung für begleitendes Monitoring



Investitionskosten für Modernisierung der Wärmeversorgung



Insgesamt wurden im Zuge der Modernisierung der Wärmeversorgung rund 1,4 Mio. € investiert:

- 1,1 Mio. €: Zentrales Mikro-Nahwärme-Netz
- 115 T €: Installation und Einbindung der Solarkollektoren
- 65 T €: BHKW
- 125 T €: Umrüstung einzelner Wohnungen

Wärmekosten für Mieter



**Durchschnittlicher Jahres-Mischpreis Wärme:
12,75€/m² und Jahr inkl. MwSt.**

Für alle den Mietern in Rechnung gestellten Kosten für die Erzeugung, Verteilung und Verbrauch von Raumwärme sowie zur Erzeugung des Warmwassers (vom 01.01. bis 31.12.2016).

Vergleich:

Durchschnittliche Heizkosten für Fernwärme 2015:
13,80 €/m² und Jahr inkl. MwSt.

Entsprechung der Baualtersklasse wird der BVB-Wärmepreis als „günstig“ bis „mittel“ bewertet.

Quelle: Heizspiegel für Deutschland, CO2online, Deutscher Mieterbund, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Förderübersicht Solar (Basis-, Innovations- und Zusatzförderung)

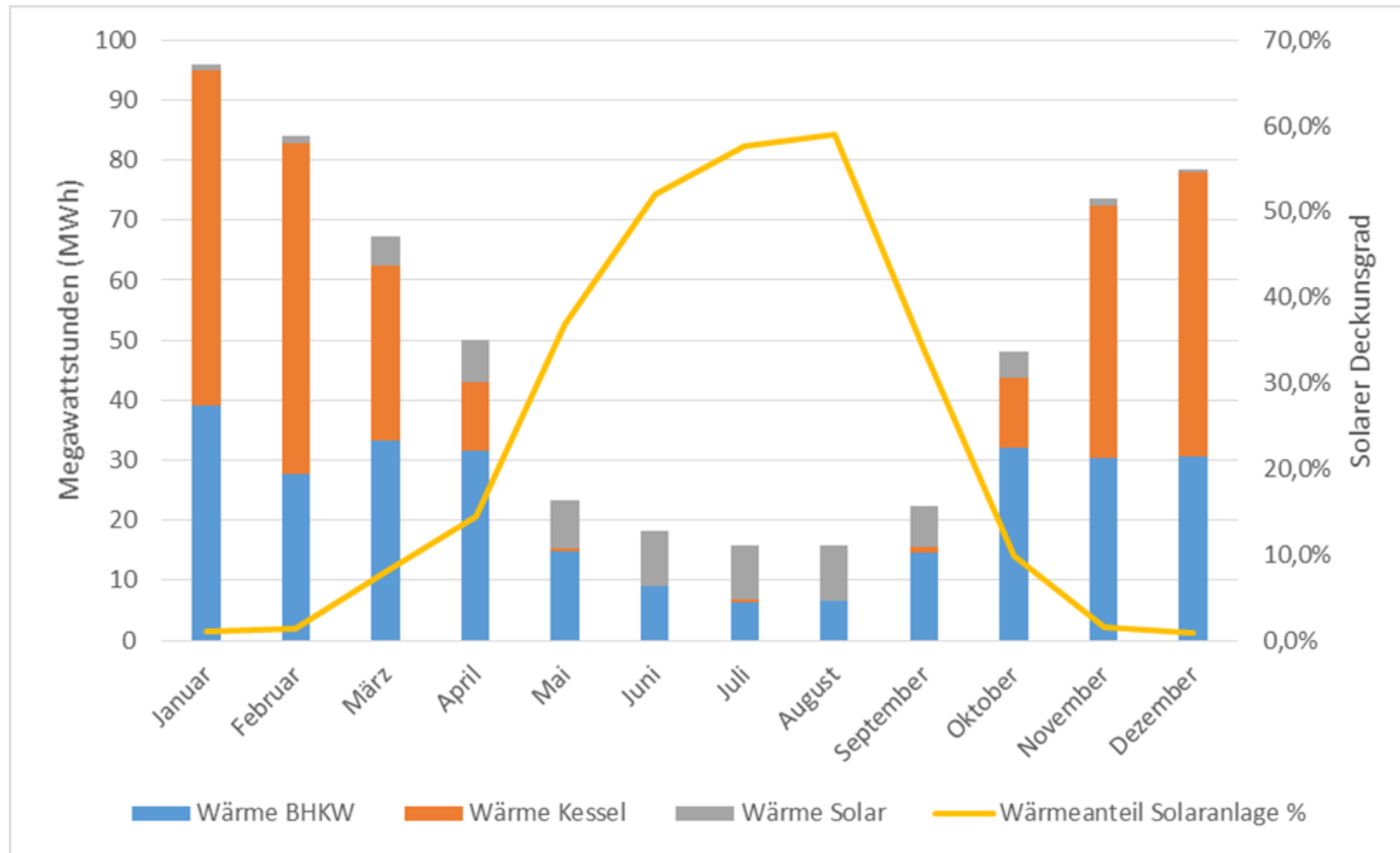
Maßnahme		Basisförderung	Innovationsförderung ⁵	
			Gebäudebestand	Neubau
Errichtung einer Solarkollektoranlage zur ...		Gebäudebestand	Gebäudebestand	Neubau
... ausschließlichen Warmwasserbereitung ¹	3 bis 10 m ² Bruttokollektorfläche	500 €	-	-
	11 bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	50 €/m ² Bruttokollektorfläche		
	20 bis 100 m ² Bruttokollektorfläche	-		
... kombinierten Warmwasser- bereitung und Heizungsunter- stützung, solare Kälteerzeugung oder Wärmenetzzuführung ²	bis 14 m ² Bruttokollektorfläche	2.000 € ⁹	-	-
	15 m ² bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	140 €/m ² Bruttokollektorfläche		
	20 bis 100 m ² Bruttokollektorfläche	-		

- 5 Solarkollektoranlagen im Bereich Innovationsförderung. Errichtung auf einem Wohngebäude mit mind. 3 Wohneinheiten oder auf einem Nichtwohngebäude mit mind. 500 m² Nutzfläche (auch Mischgebäude mit Wohn- und Gewerbenutzung, Gemeinschaftseinrichtungen zur sanitären Versorgung und Beherbergungsbetriebe mit mind. 6 Zimmern können gefördert werden). Oder auf einem Ein- oder Zweifamilienhaus (Solar-Aktiv-Haus) mit einem solaren Deckungsgrad von mind. 50 %, in dem der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust das 0,7-fache des entsprechenden Wertes des jeweiligen Referenzgebäudes nicht überschritten wird. Es gelten die gleichen Mindestanforderungen an das Pufferspeichervolumen wie unter ¹ bzw. ².

Erfahrungen mit dem Betrieb

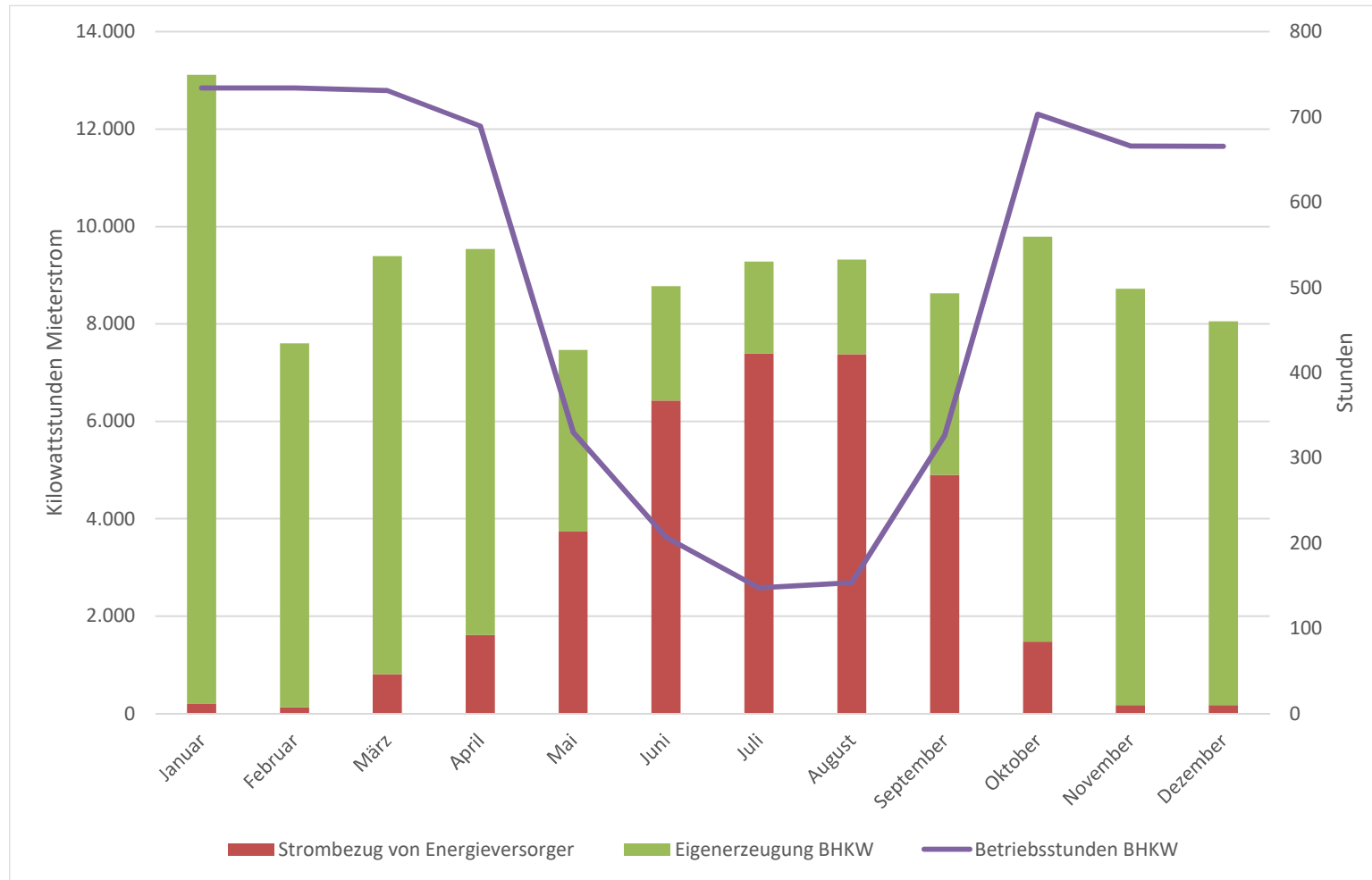
- Solarer Wärmeertrag 63 MWh/a deckt 11% des Gesamtbedarfes.
- Sehr tiefe Rücklauftemperaturen sowohl im Sommer bei der Warmwasserbereitung als auch im Winter in Verbindung mit der bestehenden Raumheizung erlauben einen effizienten Betrieb
- Sehr hohe Akzeptanz des Mieterstrommodells. Mehr als 75% der Mieter haben angeschlossen
- Fast keine Störungen am Gesamtsystem
- Prognostizierte Laufzeit des BHKW wurde übertroffen.
- Vom Mieterstrom werden derzeit mehr als 75% des Stromes durch das BHKW gedeckt
- Vom gesamten Wärmebedarf des Gebäudes werden 47% vom BHKW und 11 % von der thermischen Solaranlage erbracht. Nur knapp 42 % müssen noch vom Spitzenlastkessel kommen.

Betriebsergebnisse Wärme



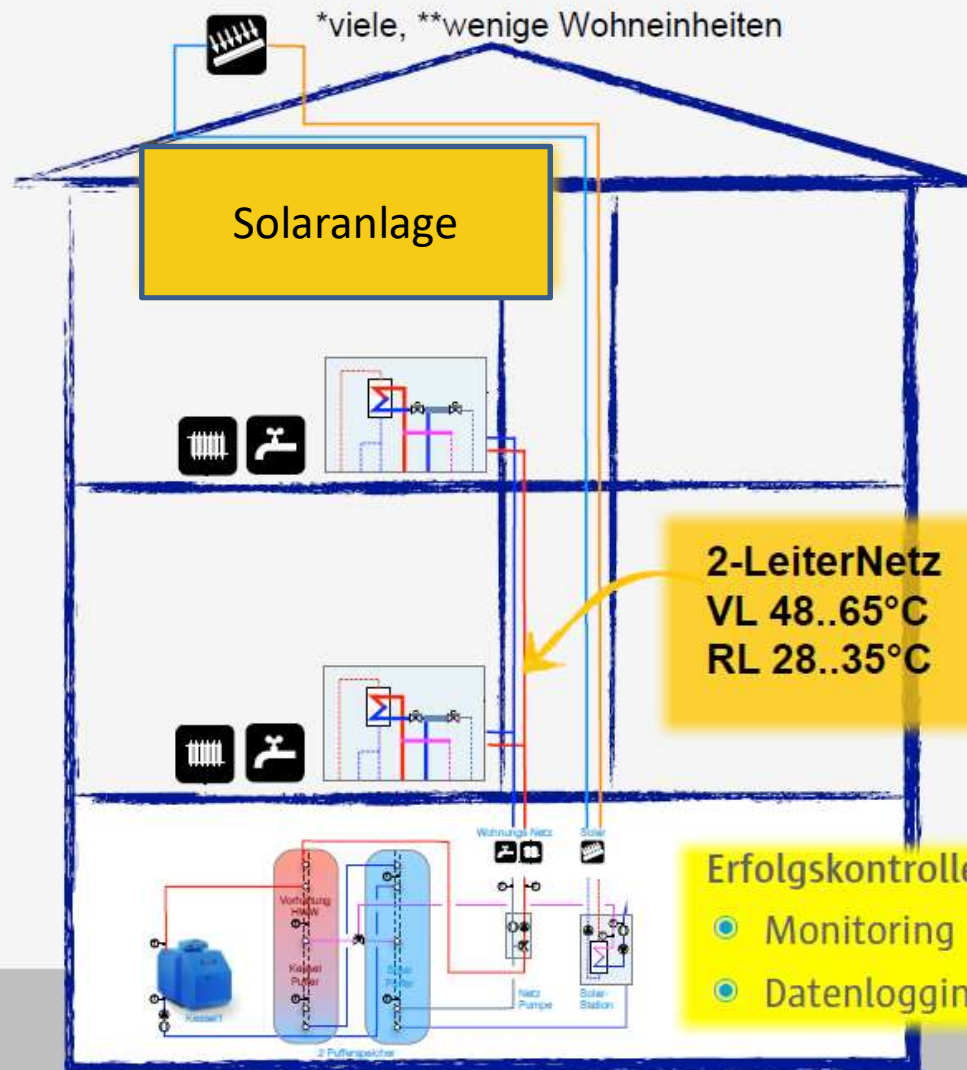
Monatliche Mittelwerte der produzierten Wärmemenge und des solaren Deckungsgrads in den Jahren 2016 und 2017.

Betriebsergebnisse Strom



Monatliche Mittelwerte von BHKW-Strom und -Betriebsstunden in den Jahren 2016 und 2017

Fazit: Richtige hydraulische Einbindung der thermischen Solaranlage, kühler Rücklauf und Monitoring sind entscheidend!



✓ Wohnungsstation

- dezentrale Frischwarmwasserbereitung im Durchflussprinzip mit 45°C bei nur Heizung HT-Vorlauf >48°C
- separate Heizkreissteuerung
- separate Energiezählung

✓ Vorteile

- nur 2 Heizleitungen + Kaltwasser!
- nur bei richtig dimensionierten Wohnungsstationen,
- kalter Rücklauf 28..35°C
Verbesserung der Solarerträge
- nur 48..65°C Netzvorlauf
- hoher Anlagennutzungsgrad
- Trinkwarmwasser:
rechtliche Sicherheit
DVGW Arbeitsblatt W551

... Solareinbindung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Informationen: www.freiburg.de/solarthermie-initiative

TGA Planungsgruppe
Ewald Zink
Tel. 0761 / 611 4033
zink@tga-freiburg.de

Brian Kommunikation
Marcus Brian
Tel. 0761 / 29656630
kontakt@brian-kommunikation.de