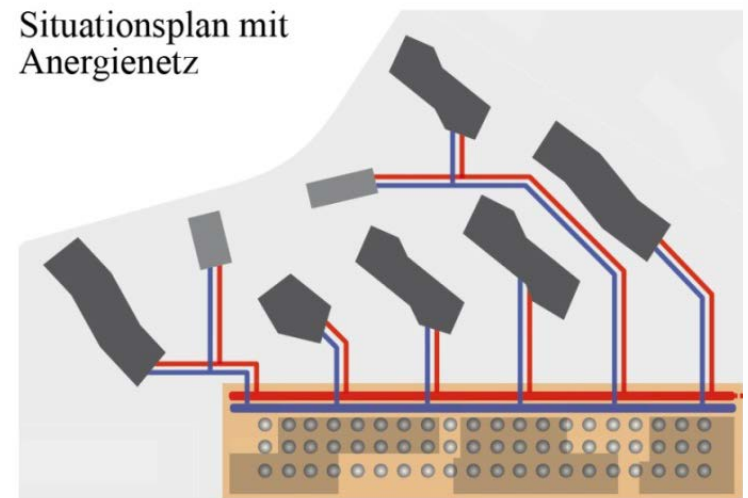


Thermische Arealvernetzung am Beispiel des Areals „Suurstoffi“ (Simulation und Monitoring)

Forschung & Entwicklung
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik

Philipp Kräuchi und Nadège Vetterli

Horw 25.03.2015

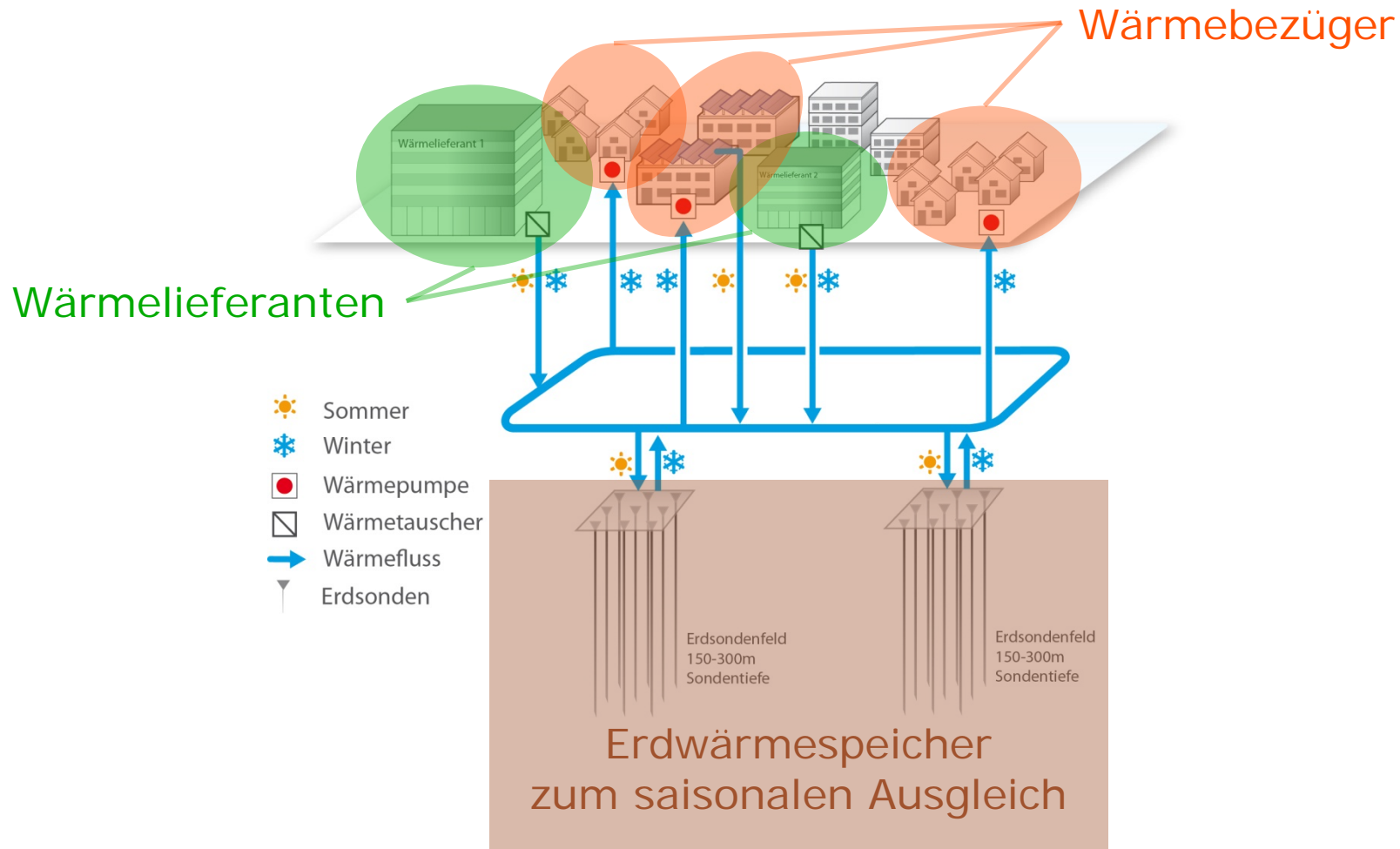


Quelle: Zug Estates

Inhalt

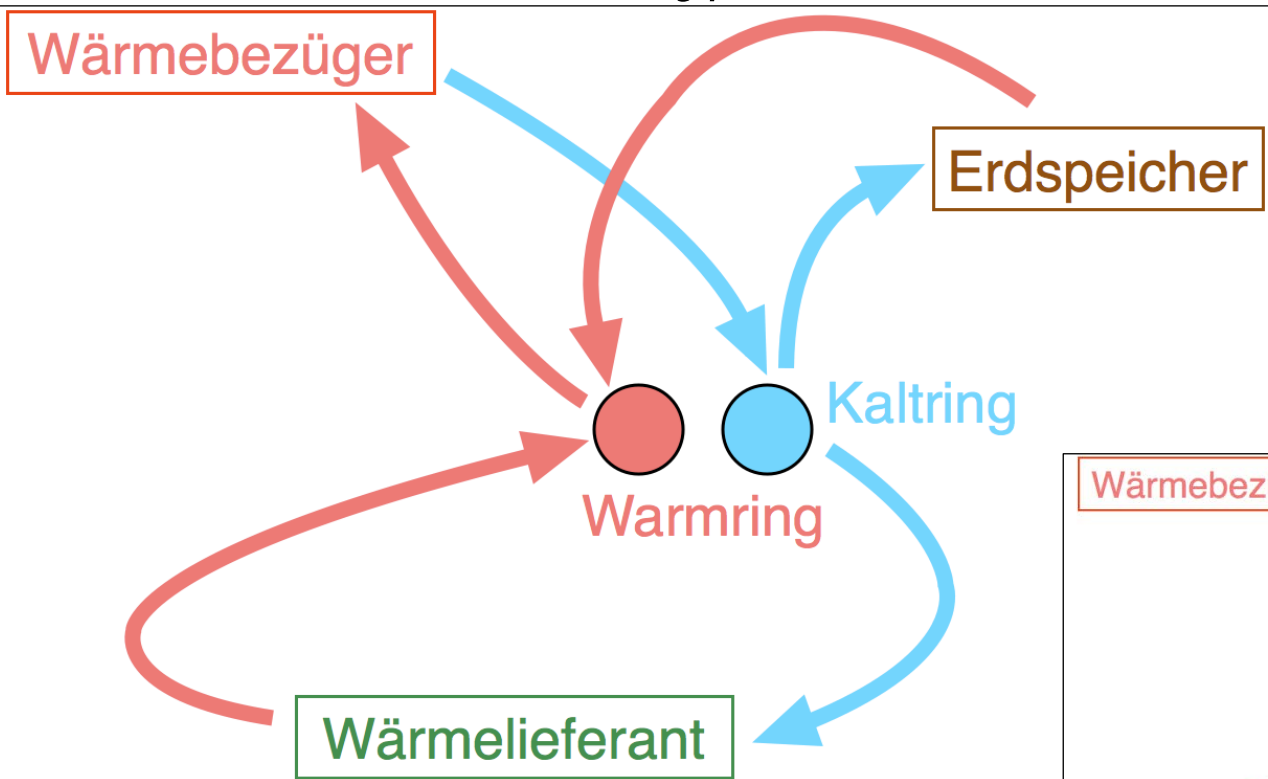
1. Niedertemperatur-Wärmeverbundsysteme (Philipp)
2. Simulationstool (Philipp)
3. Projekt Suurstoffi (Nadège)
4. Simulationsergebnisse Suurstoffi-Areal (Philipp)
5. Monitoring Suurstoffi (Nadège)
6. Schlussfolgerungen (Nadège und Philipp)

Niedertemperatur-Wärmeverbund (Anergienetz)



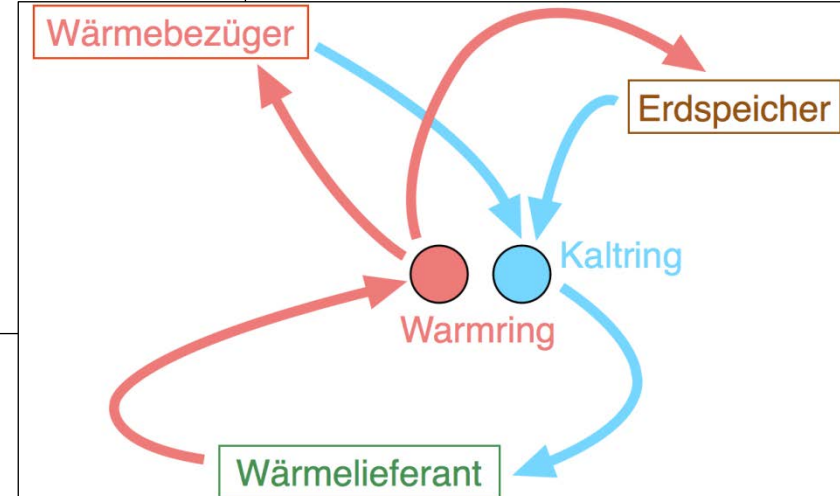
Netztopologie (typisch)

typische Wintersituation



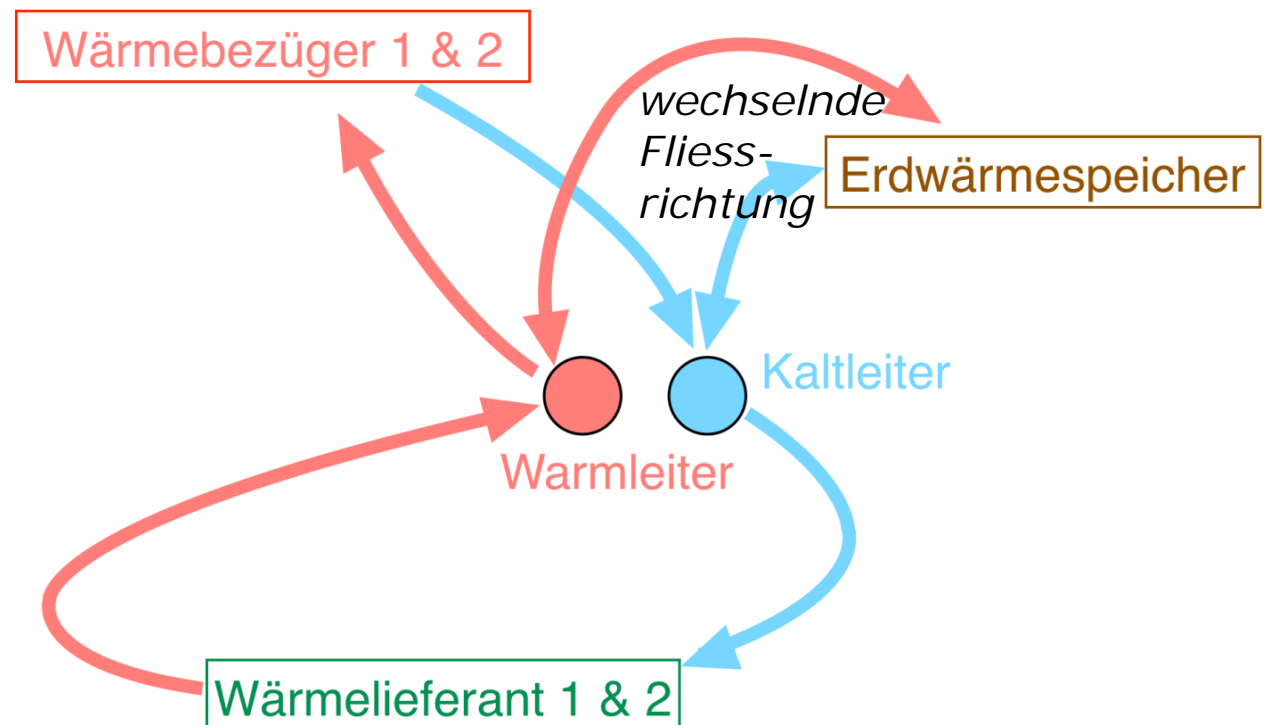
*Wärmebezüger,
Wärmelieferant und
Erdwärmespeicher
mehrfach möglich*

typische Sommersituation



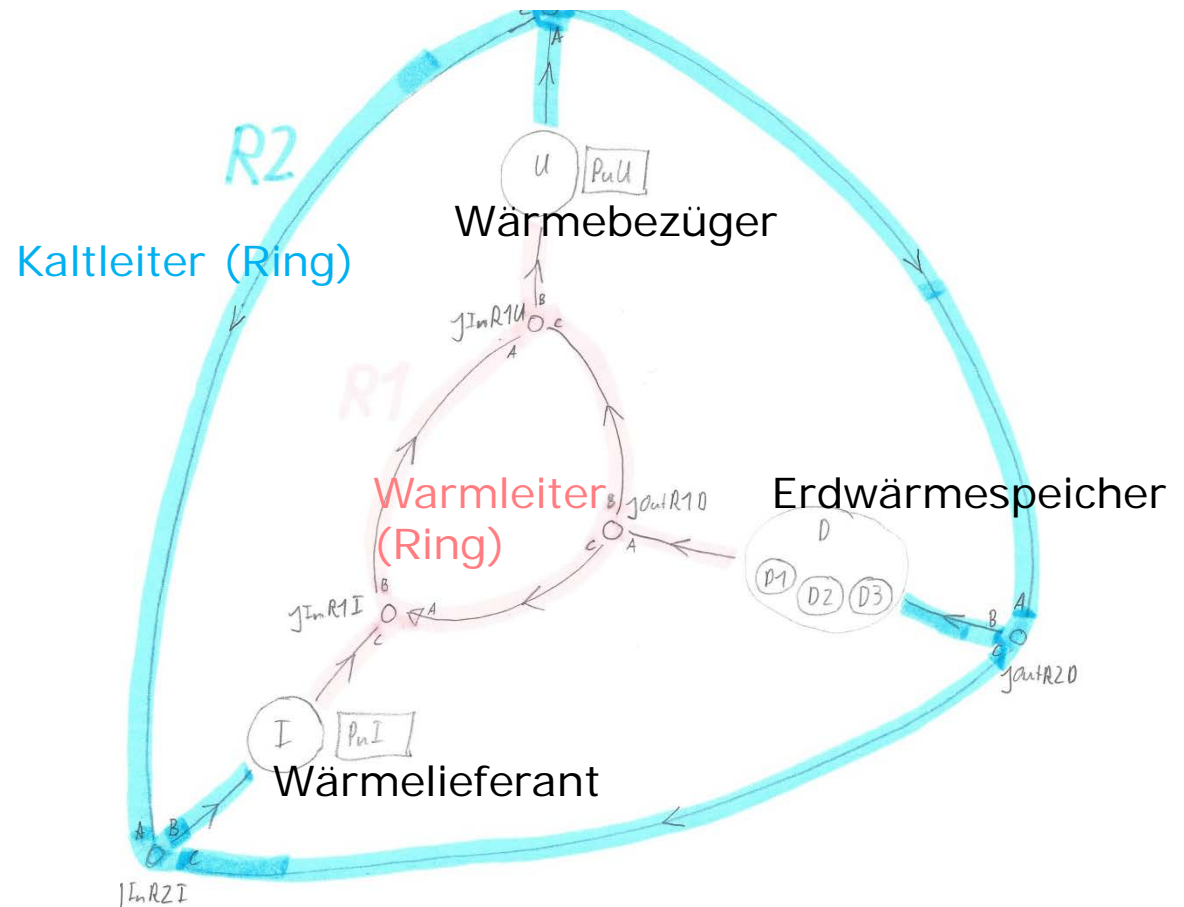
Modellierung: vom einfachen zum detaillierten Netz

einfaches Netz: 1 Knoten pro Hauptleiter;
Wärmebezüger, Wärmelieferanten, Erdwärmespeicher



Modellierung: vom einfachen zum detaillierten Netz

detailliertes Netz: segmentierte Hauptleiter

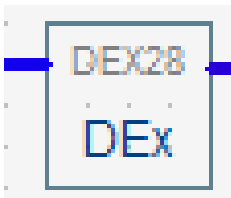


Modellierung:

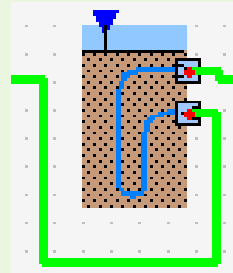
von **einfachen** Komponenten zu **detaillierten** Komponenten

identische Schnittstellen -> Komponenten austauschbar

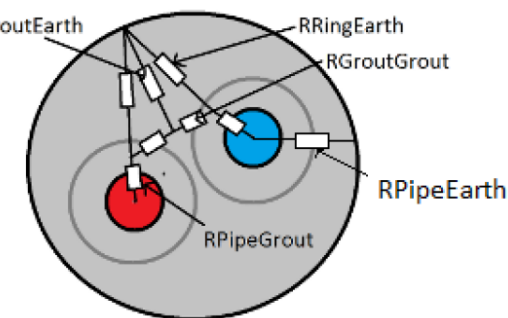
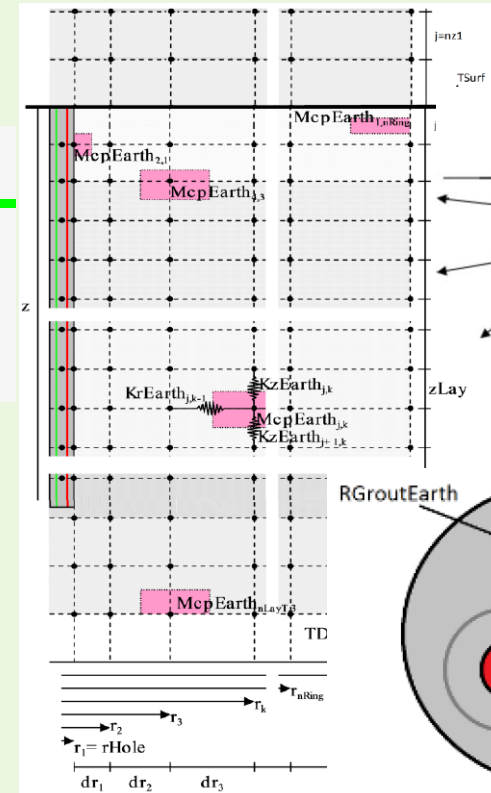
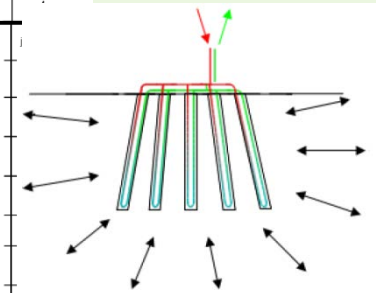
einfacher Speicher



Einzelsonde

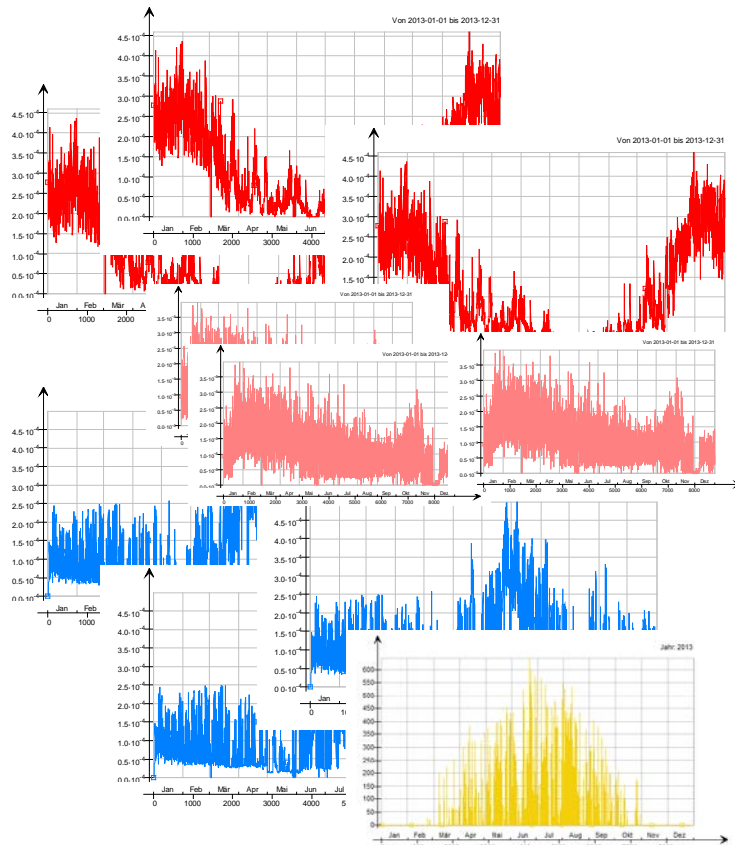


Sondenfeld



Simulationstool: Funktionsweise

Input

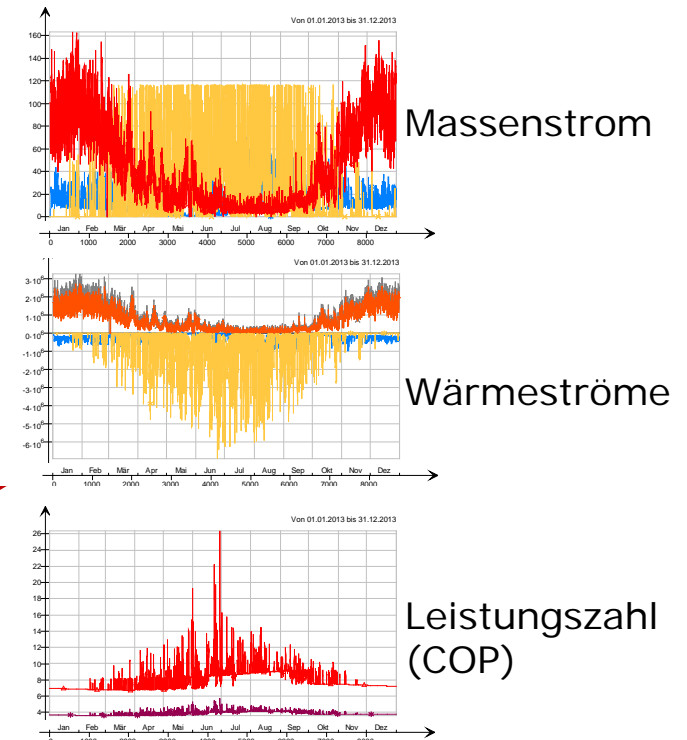


Modell
(Gleichungs-
system)



*aufgelöst
durch
IDA Solver*

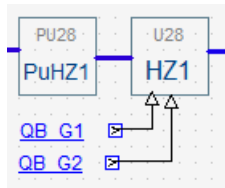
Output



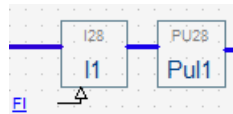
und mehr ...

- Druck
- Temperatur
- Mechanische und elektrische Leistung

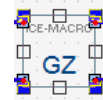
Simulationstool: Komponenten



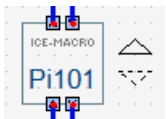
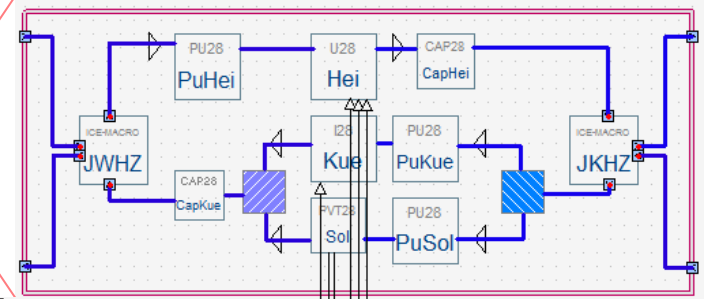
Wärmebezüger
mit Pumpe



Wärmelieferant
mit Pumpe



Einheit,
kombiniert



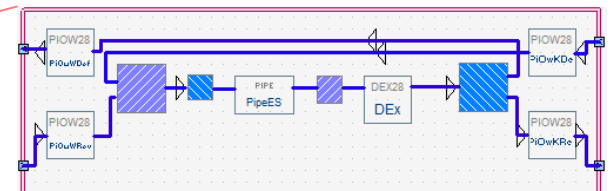
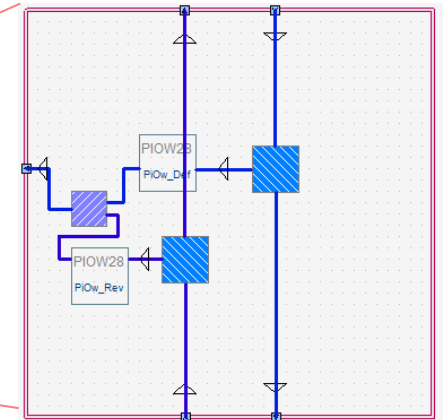
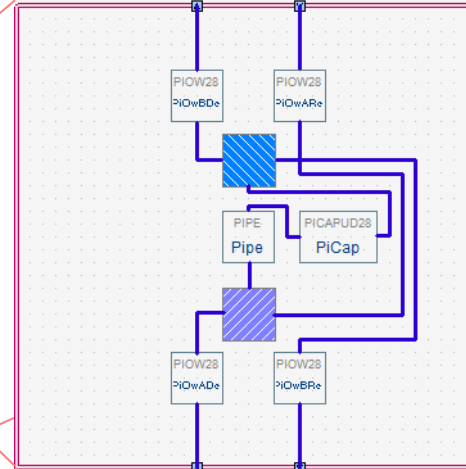
Rohr (bidirektional)



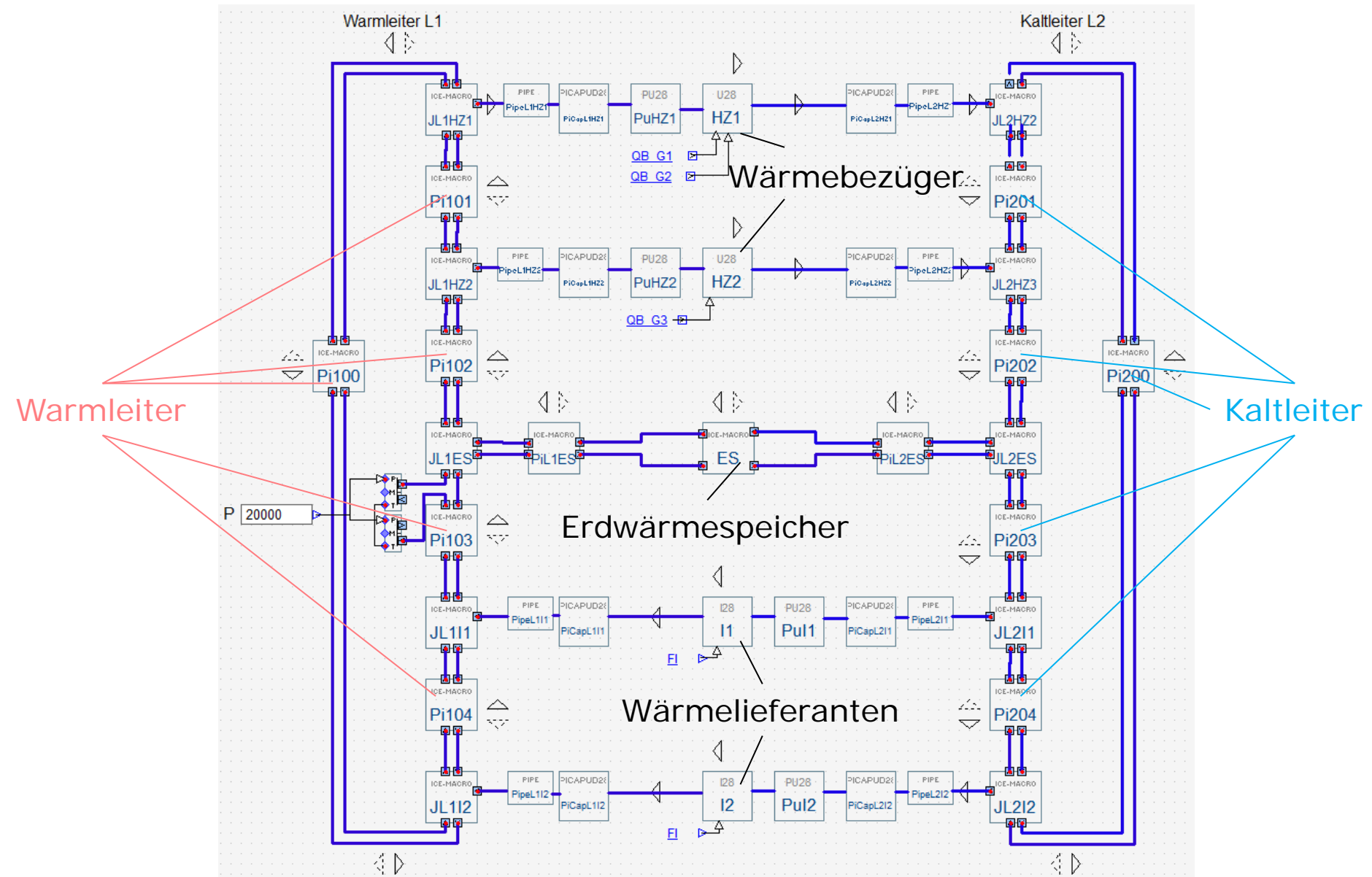
Verzweigung (bidirektional)



Erdwärmespeicher (bidirektional)

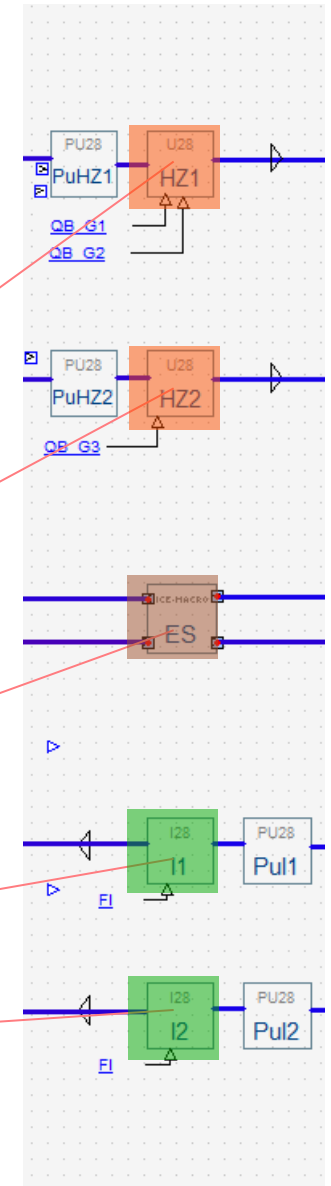
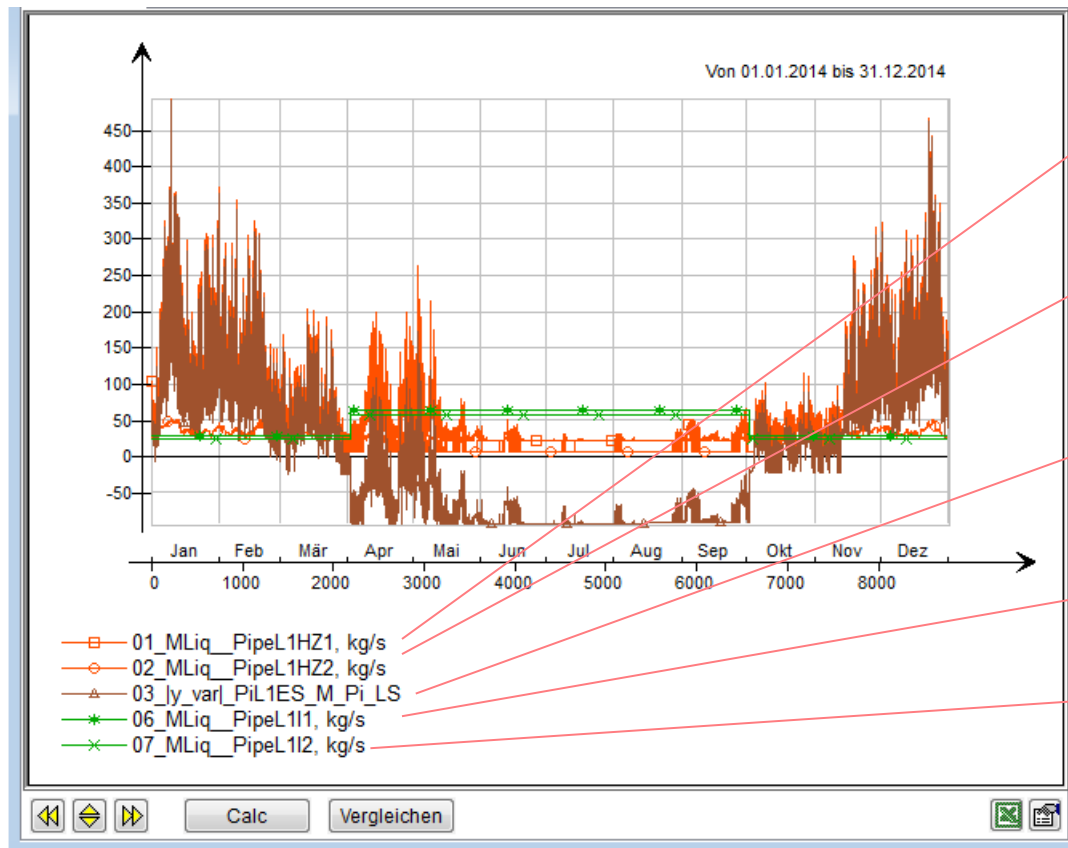


Simulationstool: Anwendungsbeispiel 1



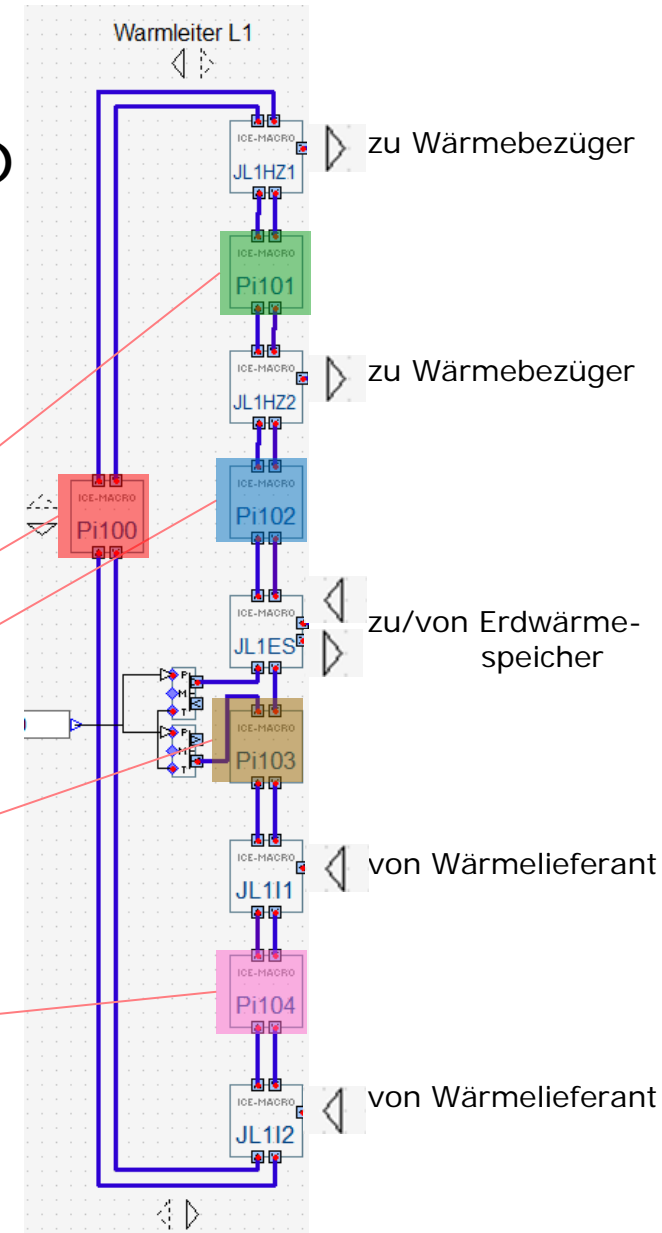
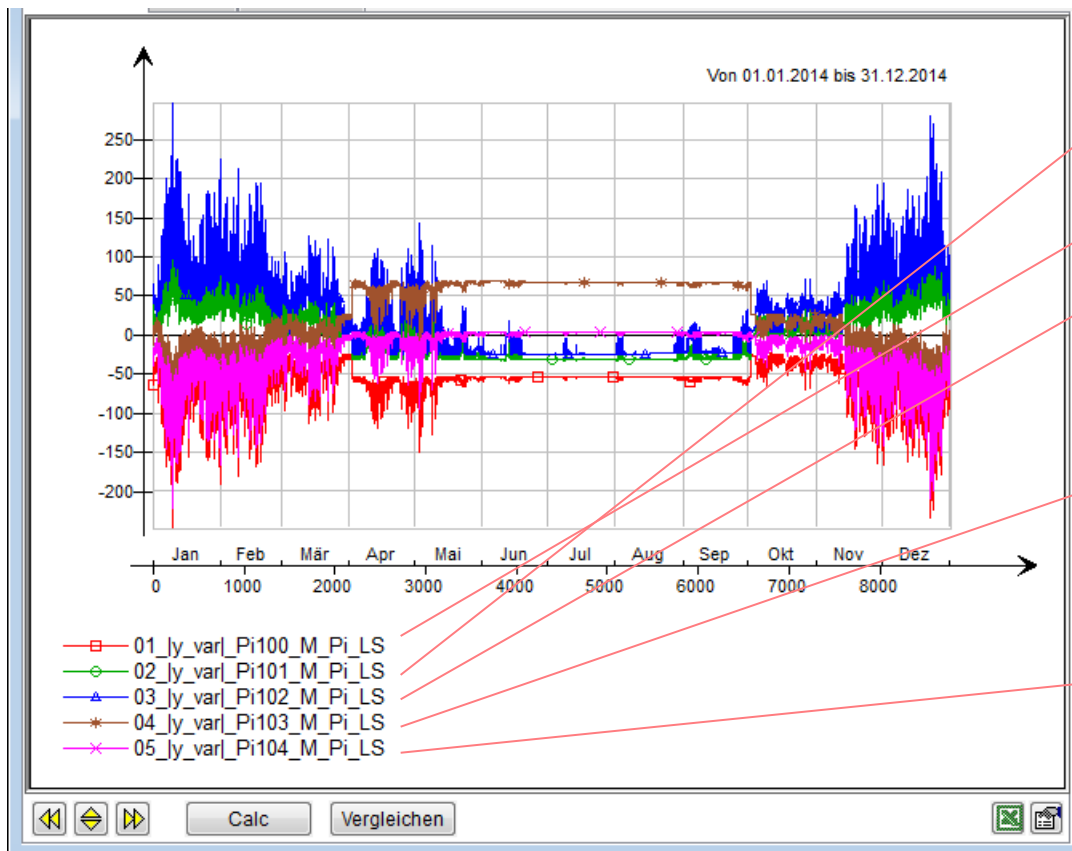
Simulationsergebnisse (Anwendungsbeispiel 1)

Massenstrom in den Abgängen



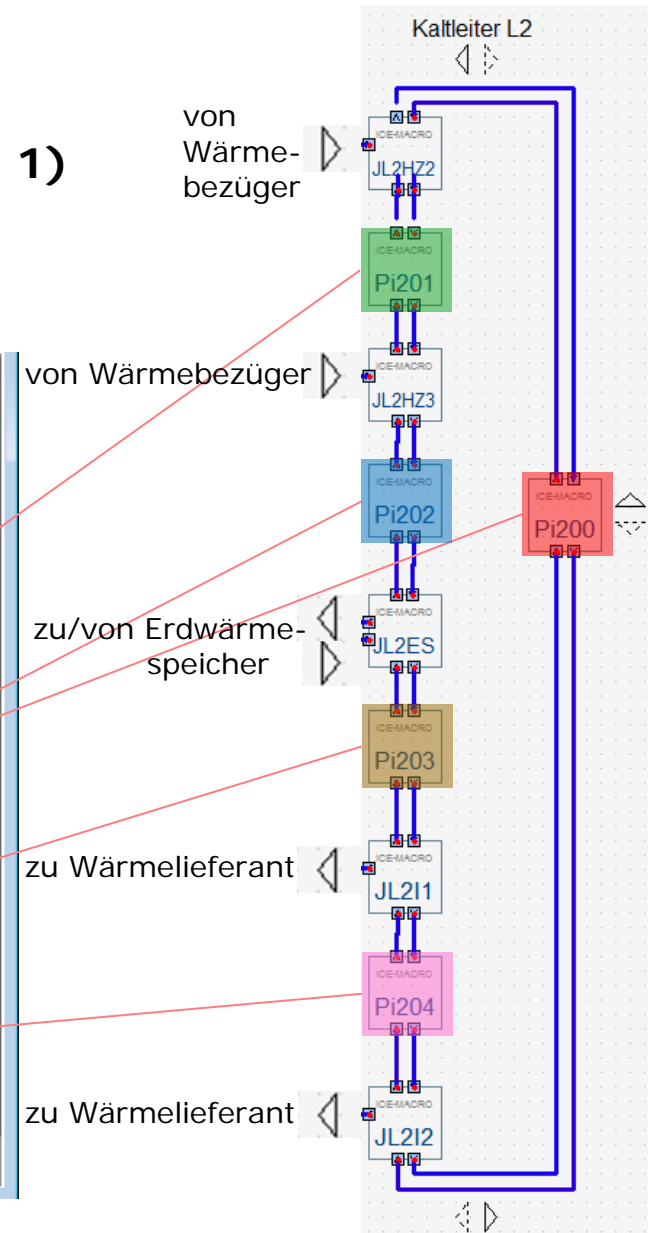
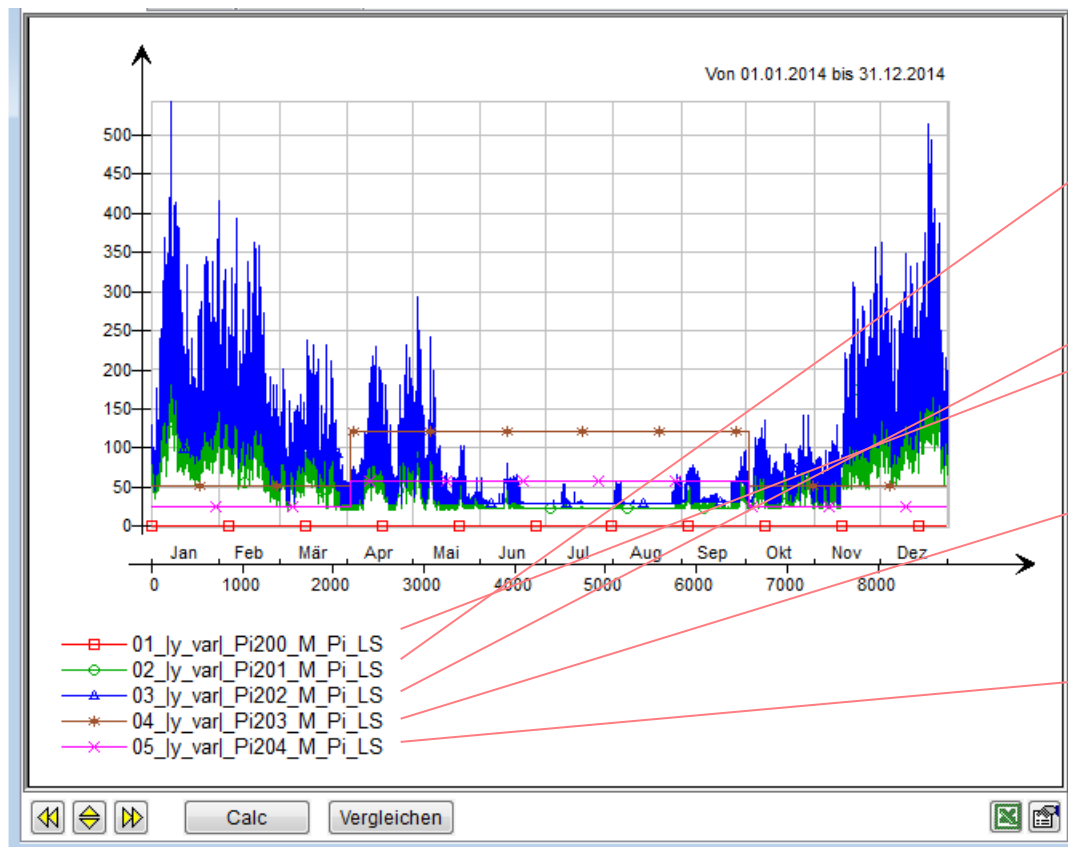
Simulationsergebnisse (Anwendungsbeispiel 1)

Massenstrom im Warmleiter



Simulationsergebnisse (Anwendungsbeispiel 1)

Massenstrom im Kaltleiter



Fazit Simulationstool

- Modulare Komponenten
 - > jedes thermische Netzwerk abbildbar
 - auch solche mit:
 - bidirektionalen Flüssen
 - Flussaufteilungen und parallelen Flüssen
- Simulation liefert Daten wie Massenstrom, Druck, Temperatur, COP, ...
 - > ermöglicht energetische Gesamtoptimierung

Vision «Zero-Zero»

➤ Vision «Zero-Zero»:

Energieneutraler und **CO₂-freier** Betrieb des gesamten Gebäudeportfolios der Zug Estates

➤ Kernelement bei der Umsetzung dieser Vision: **Suurstoffi-Areal**

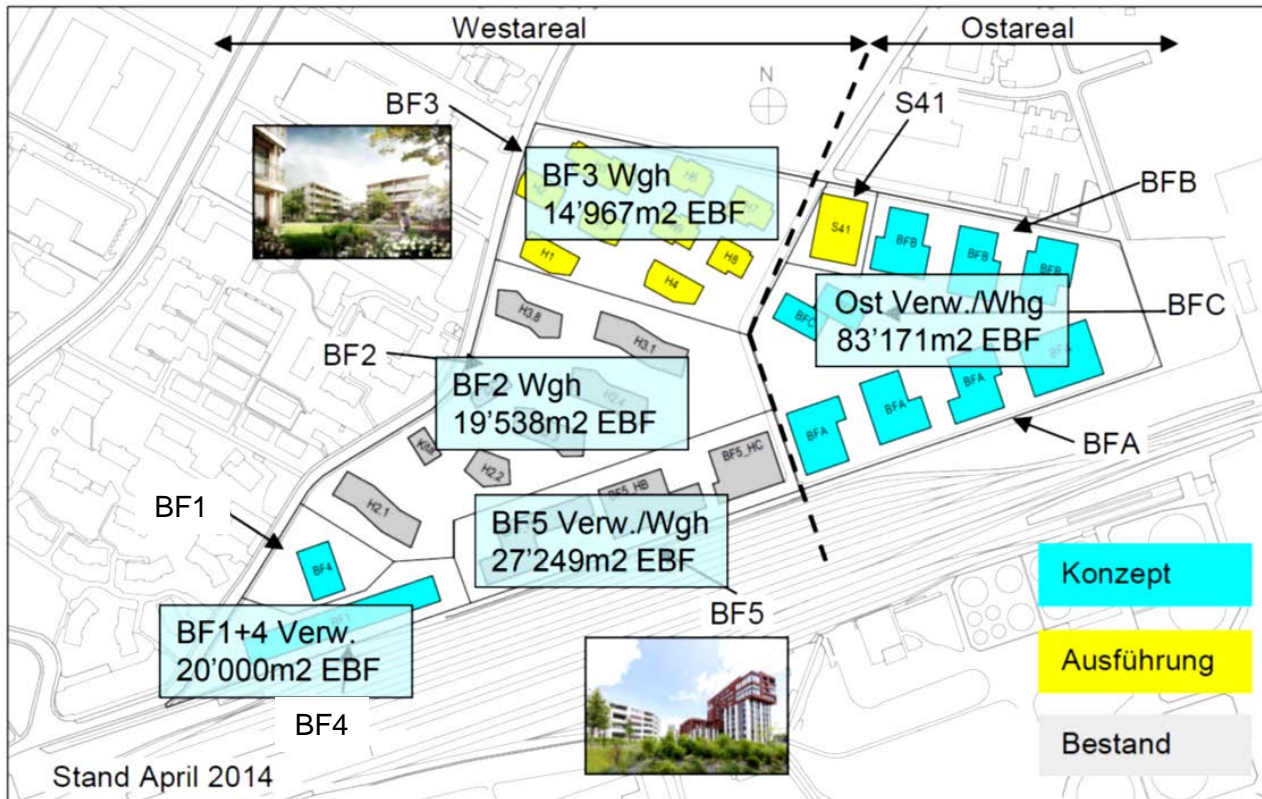
➤ Suurstoffi:

- Arealüberbauung (Wohnen, Büro, Gewerbe, ...) im Sinne der **2000-Watt-Gesellschaft**
- Heute teilweise realisiert, teilweise noch in Planung, **Erstbezug Oktober 2012**
- Energieversorgung basiert auf einem **Anergienetz mit Erdsondenfeld** (215 bestehenden Sonden à 150m, 531 neue à 200m)



Quelle: Zug Estates

Das Suurstoffi-Areal: Ist-Zustand



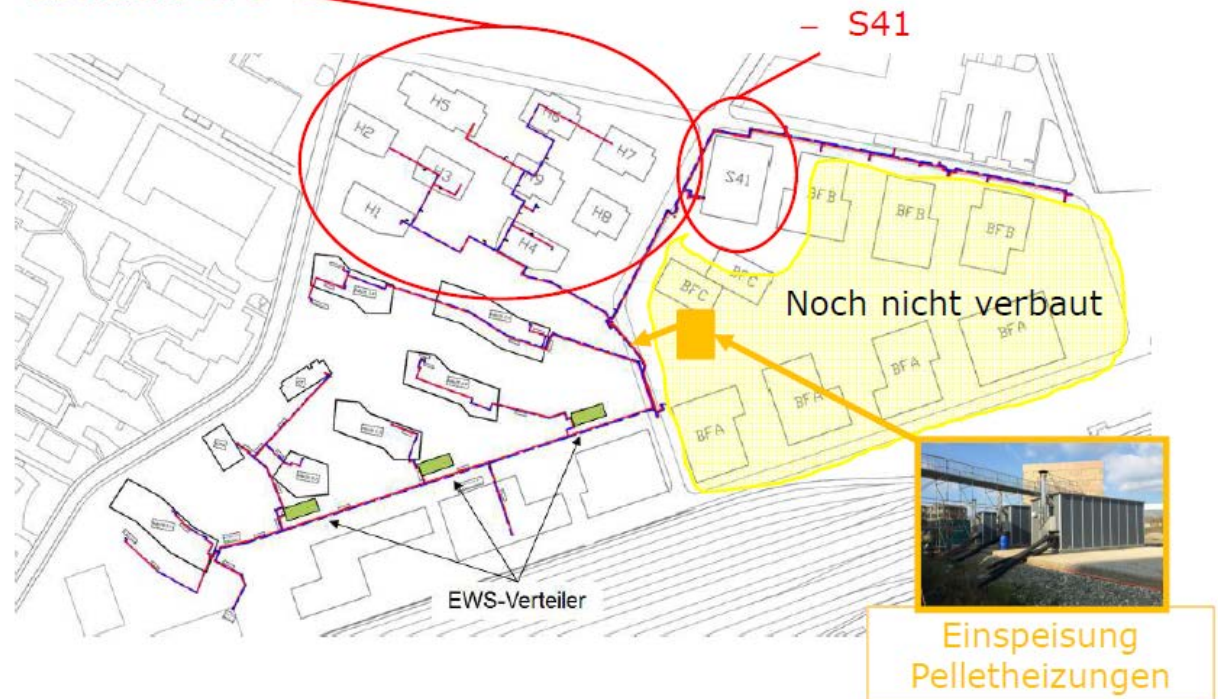
Quelle: Hans Abicht

Bestehendes Netz

- Wärmebezüger: Wärmepumpen
- Wärmelieferanten: Freecooling, Pelletheizung (provisorisch)

Arealübersicht

- Übersicht BF 3



Rolle der Simulation im Projekt «Suurstoffi»

- Überprüfung der Berechnungsgrundlage für die Dimensionierung der neuen Anlagen
- Überprüfung der Berechnungsmethode und der Ergebnisse aus der Planung
- Beratung bei der Auswahl der möglichen Technologien (Solaranlagen, Wärmepumpen, Kühlmaschinen, usw.)
- Validierung der Entscheidungen

Simulation in zwei Etappen

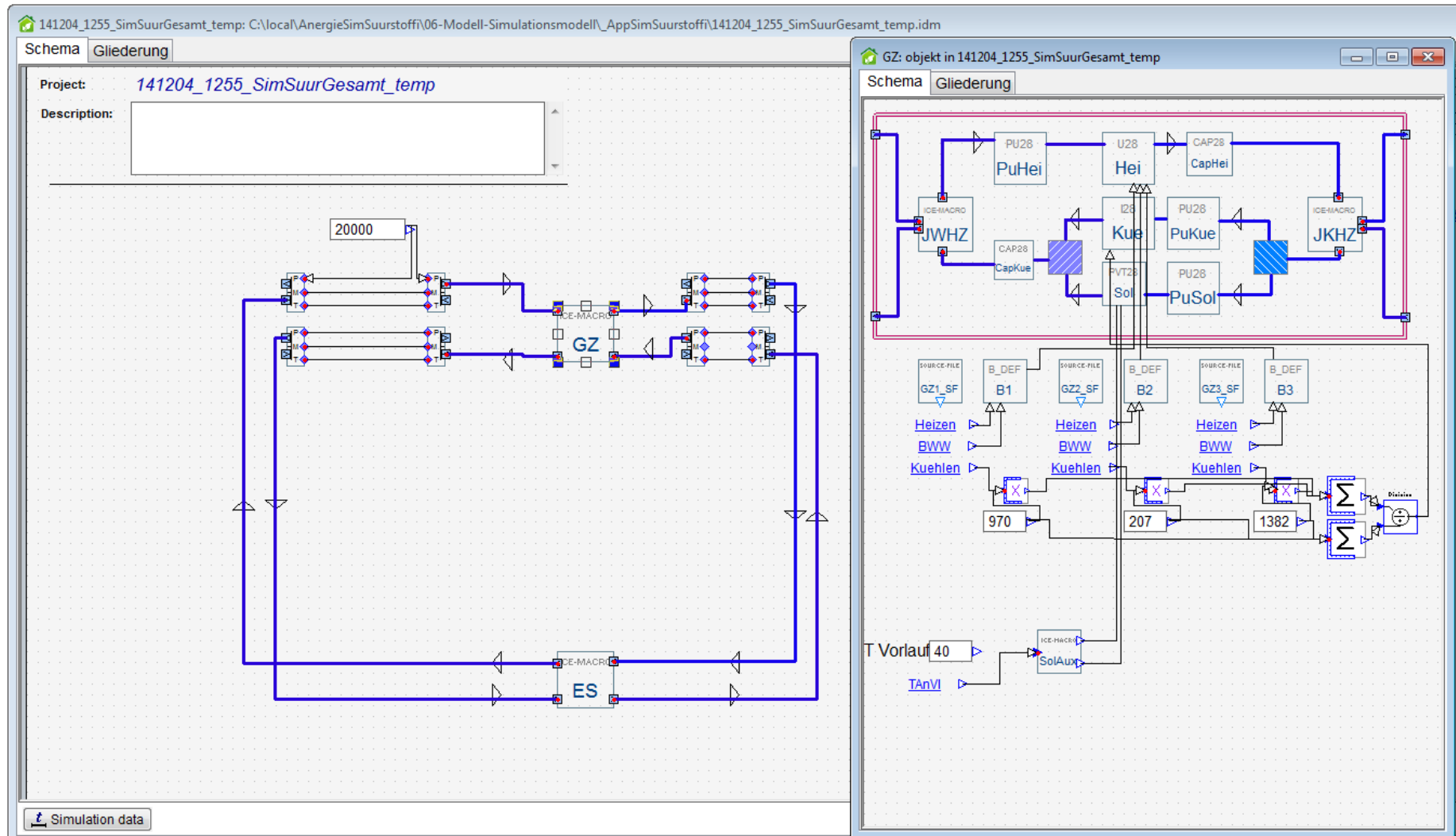
1. Simulationsresultate des bestehenden Areals (Baufelder 2 und 5):

- Monitoring als Grundlage für dynamische Simulation
- Die Simulationsperiode fängt bei der Inbetriebnahme des Baufeldes 5 an (Mai 2013) und dauert bis Ende September 2014
- Validierung des Modells durch Vergleich der Ergebnisse mit den Messungen

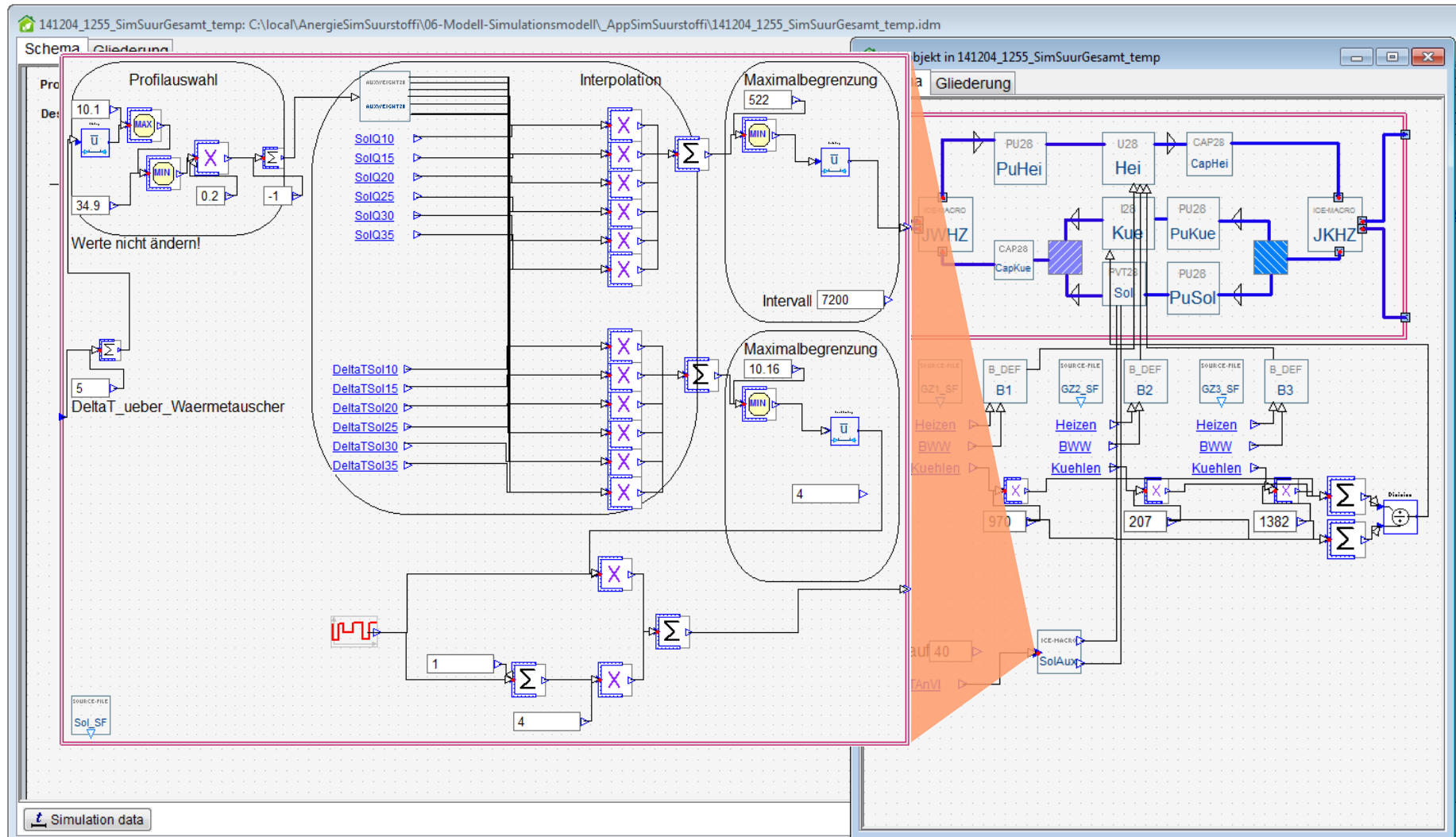
2. Erweiterung des Simulationsmodells auf das ganze Area (Endausbau):

- Extrapolieren der Monitoring-Daten
- Simulation 2 identischer Jahre
- Der thermische Solarertrag aus den Hybrid-Kollektoren wurde im Polysun simuliert

Simulationstool: Anwendungsbeispiel 2 (Vernetzung "Suerstoffi")



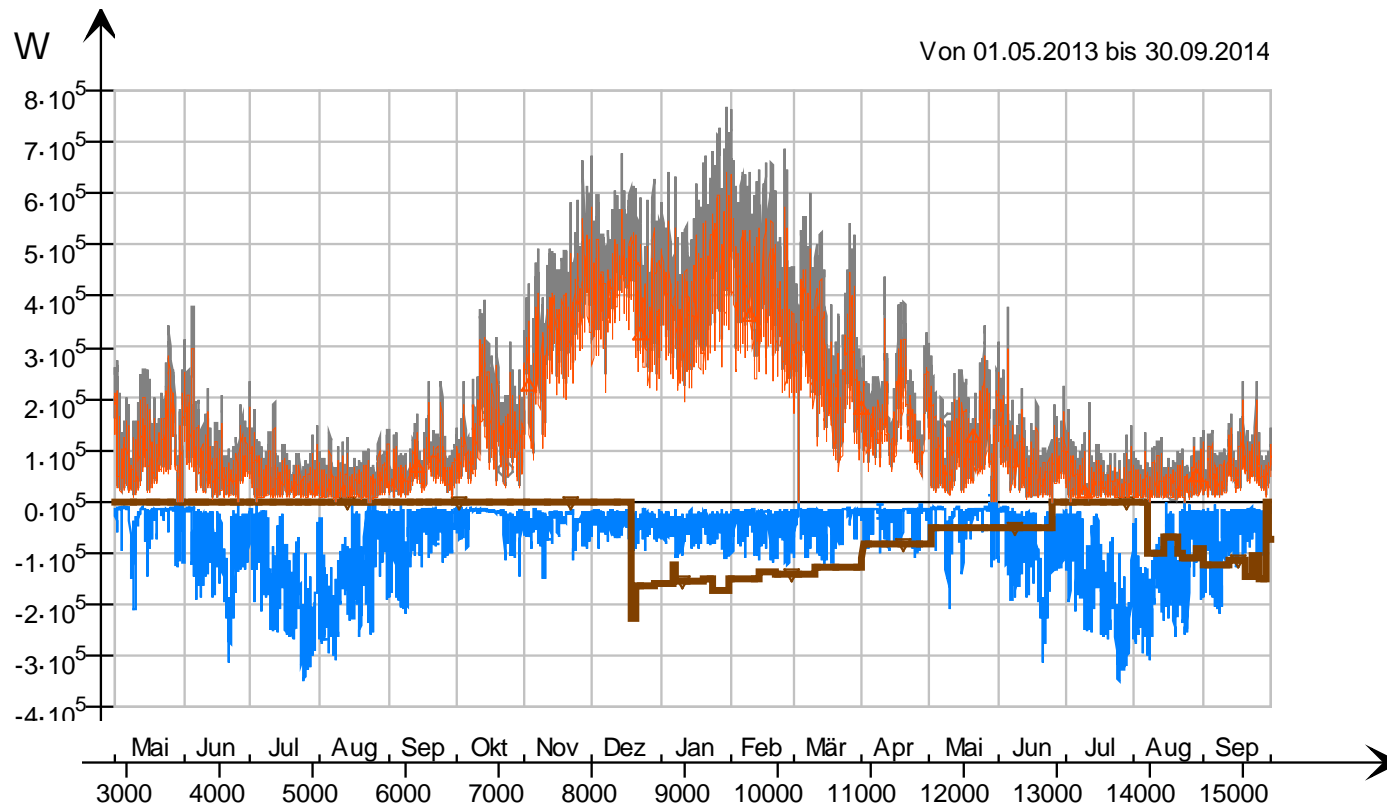
Simulationstool: Anwendungsbeispiel 2 (Vernetzung "Suerstoffi")



Simulationsergebnisse Bestand (BF2 + BF5)

Leistungen Gebäudezentralen

Von 01.05.2013 bis 30.09.2014

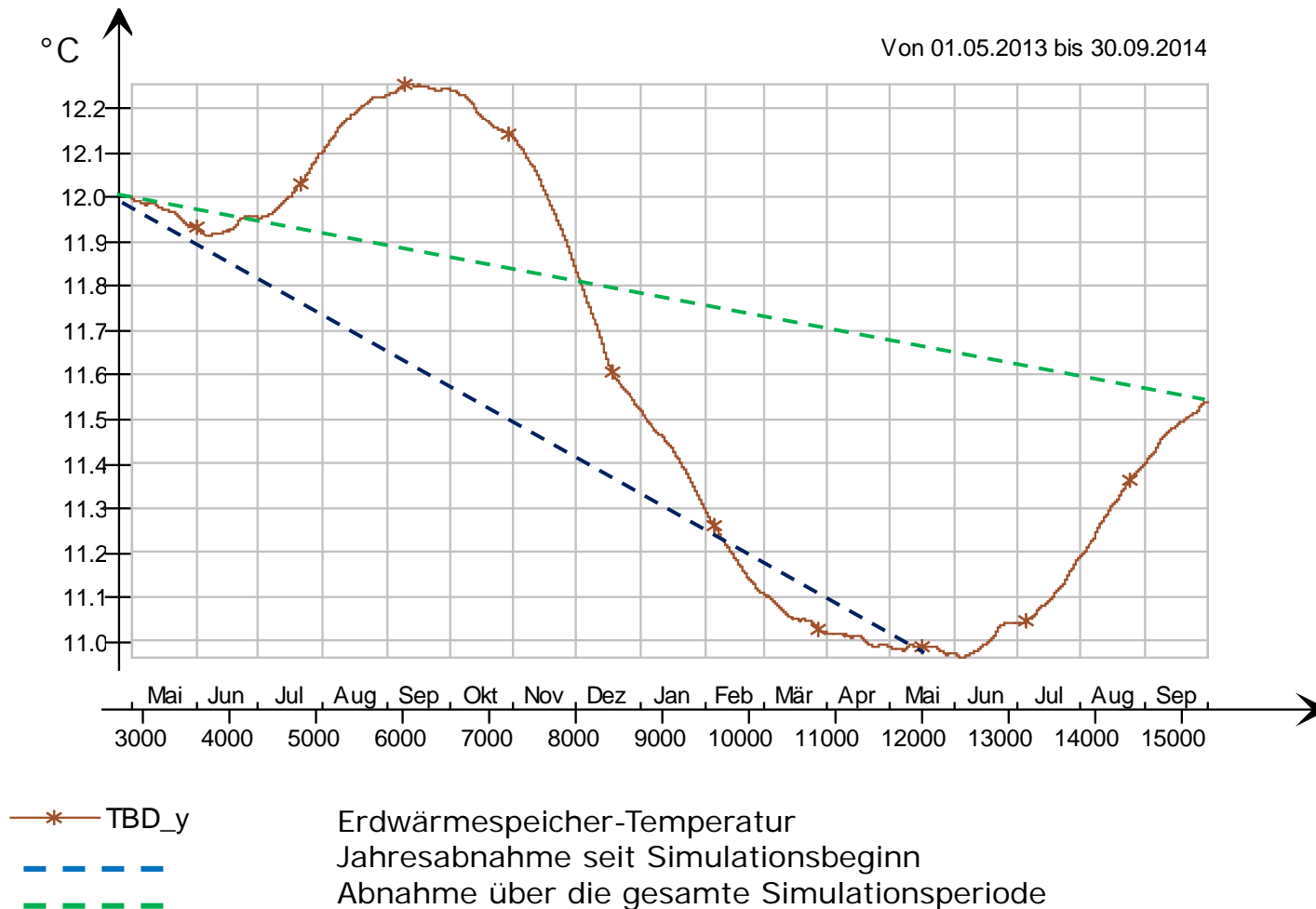


—+— QDiff_Kue_GZ1, W	Raumkühlung, Leistung Wärmeübertrager anergieseitig
—▼— QDiff_Pellet_GZ1, W	Pelletheizung, Leistung Wärmeübertrager anergieseitig
—○— QHU_GZ1, W	Raumheizung und Warmwasser, Nutzenergie
—▲— QHANU_GZ1, W	Raumheizung und Warmwasser, Leistung Wärmeübertrager anergieseitig

Simulationsergebnisse Bestand (BF2 + BF5)

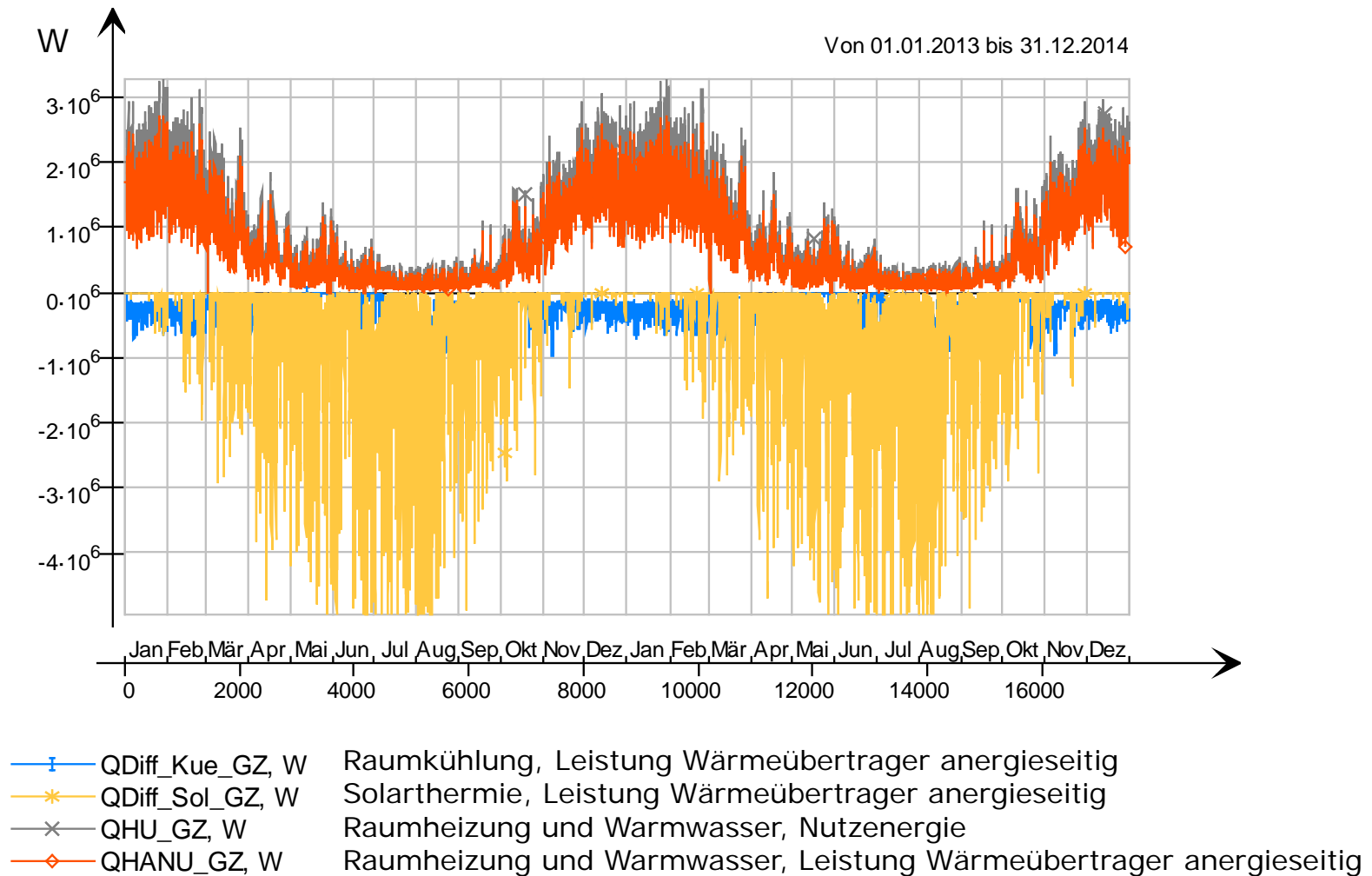
Temperatur Erdwärmespeicher

Von 01.05.2013 bis 30.09.2014



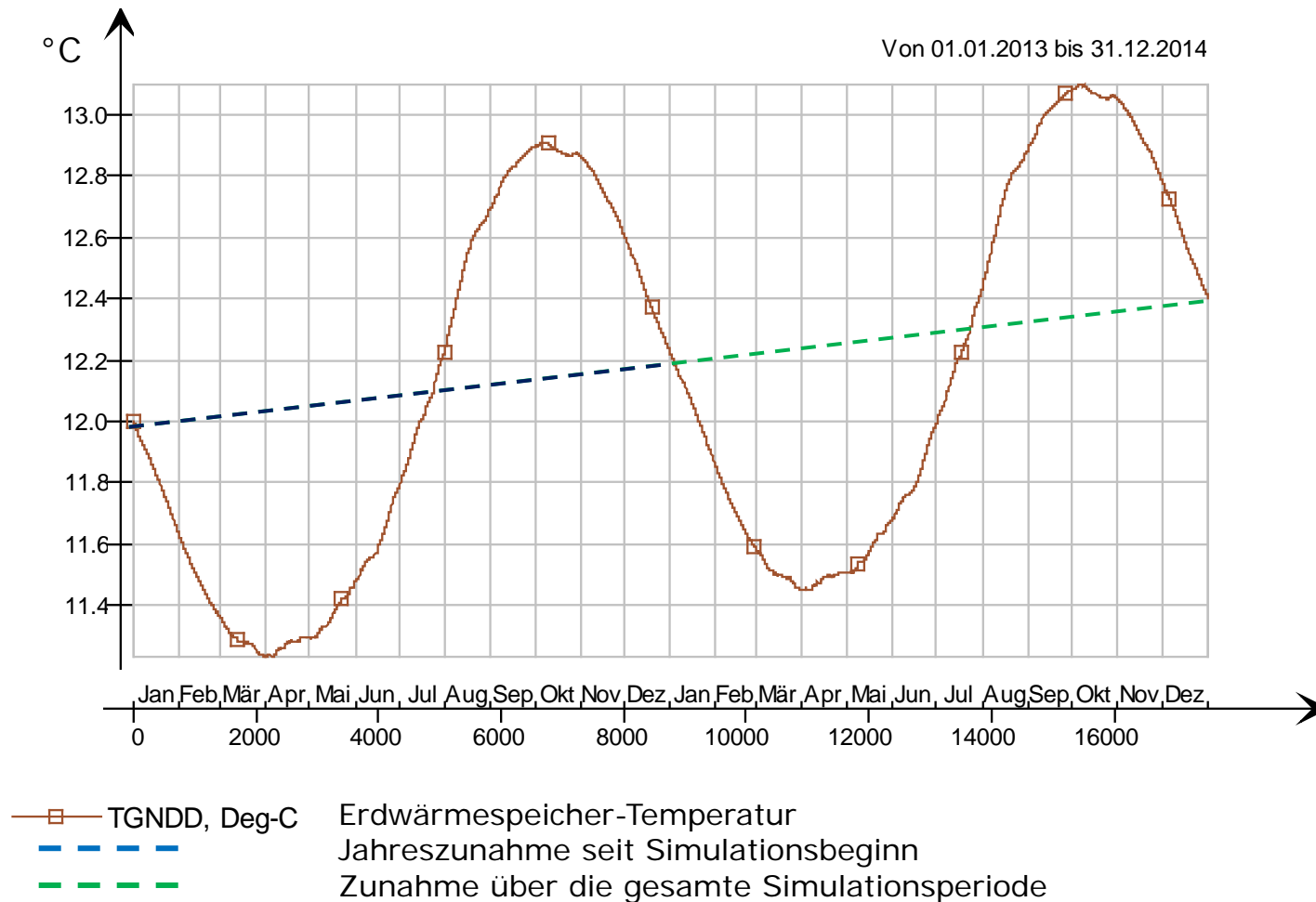
Simulationsergebnisse Gesamtareal

Leistungen Gebäudezentralen



Simulationsergebnisse Gesamtareal

Temperatur Erdwärmespeicher



Monitoring

Auswertungen während 5 Jahren (Auftrag Zug Estates + BFE):

400 Datenpunkte:

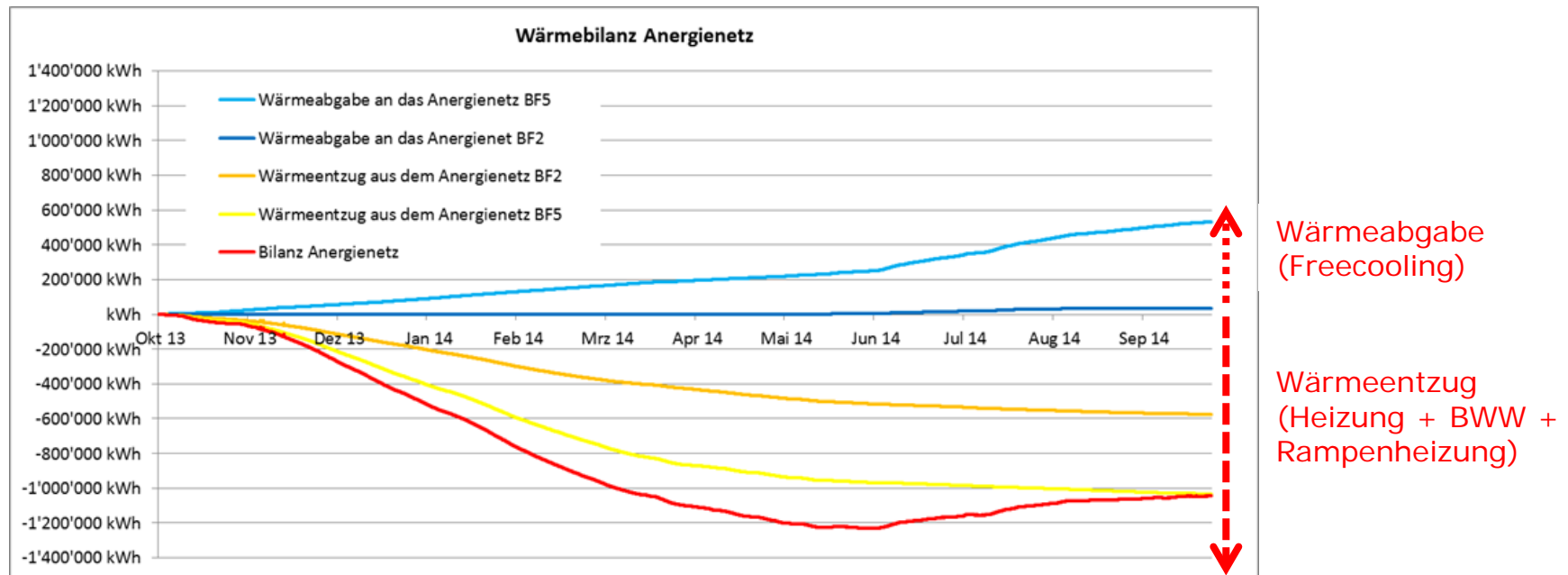
- Jede 15 Minuten
- Wärme- und Stromflüsse sowie Temperaturfühler

Ziele:

- Überwachung Verhalten thermisches **Netz und Erdspeicher**
- Reale **Effizienz** der Wärmeversorgung (JAZ) berechnen
- Quantifizierung **Optimierungsmassnahmen**
- **Einfluss** des **Nutzerverhaltens**
- Allgemein: **Fehler** erkennen, **Erfahrungen** sammeln



Wärmebilanz der thermischen Vernetzung über das letzte Jahr

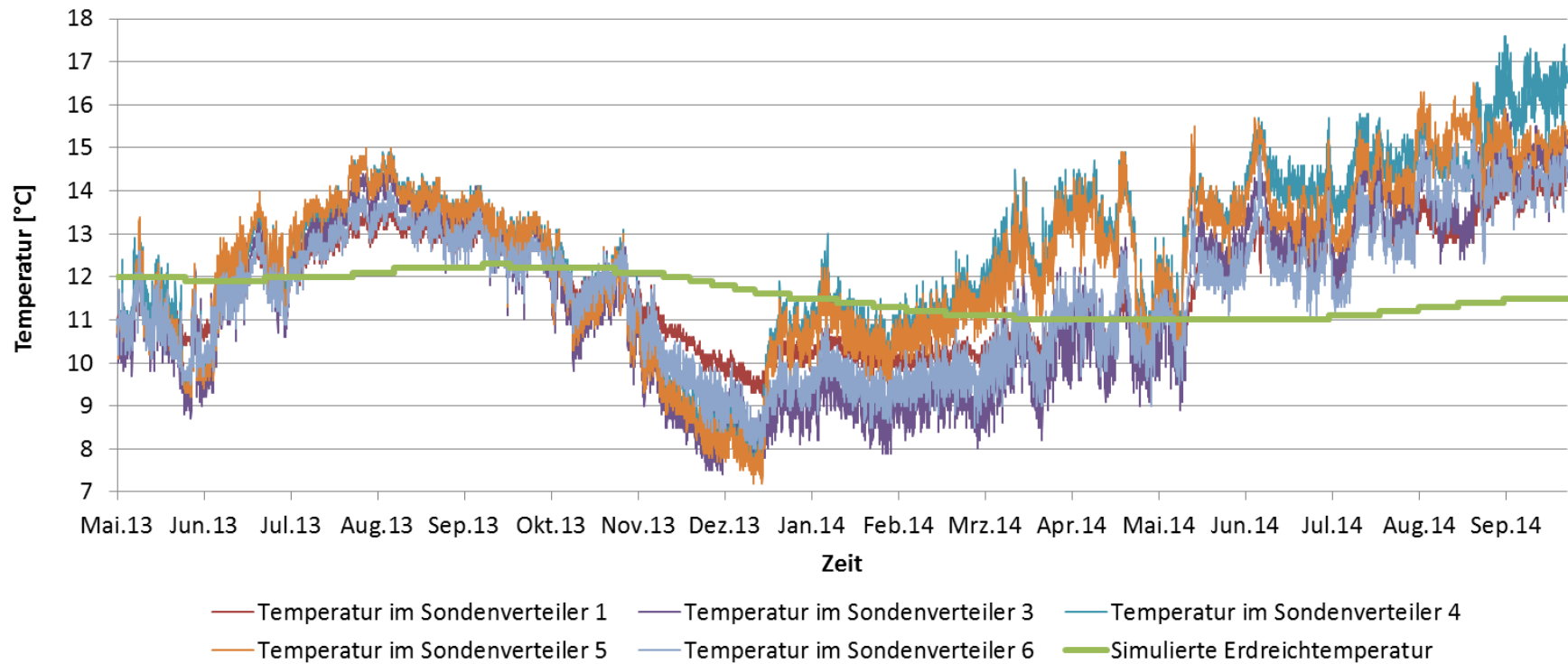


Wärmebilanz (Okt. 2013 – Sept. 2014):

Entzug Heizung + Brauchwarmwasser BF2+BF5	- 1.6	[GWh]
Einspeisung Freecooling BF2+BF5	+ 0.58	[GWh]
Einspeisung Pelletheizung (temporär)	+ 0.64	[GWh]
Entzug Bauaustrocknung BF3 + S41 (keine Messung = unbekannt)	- ?	[GWh]

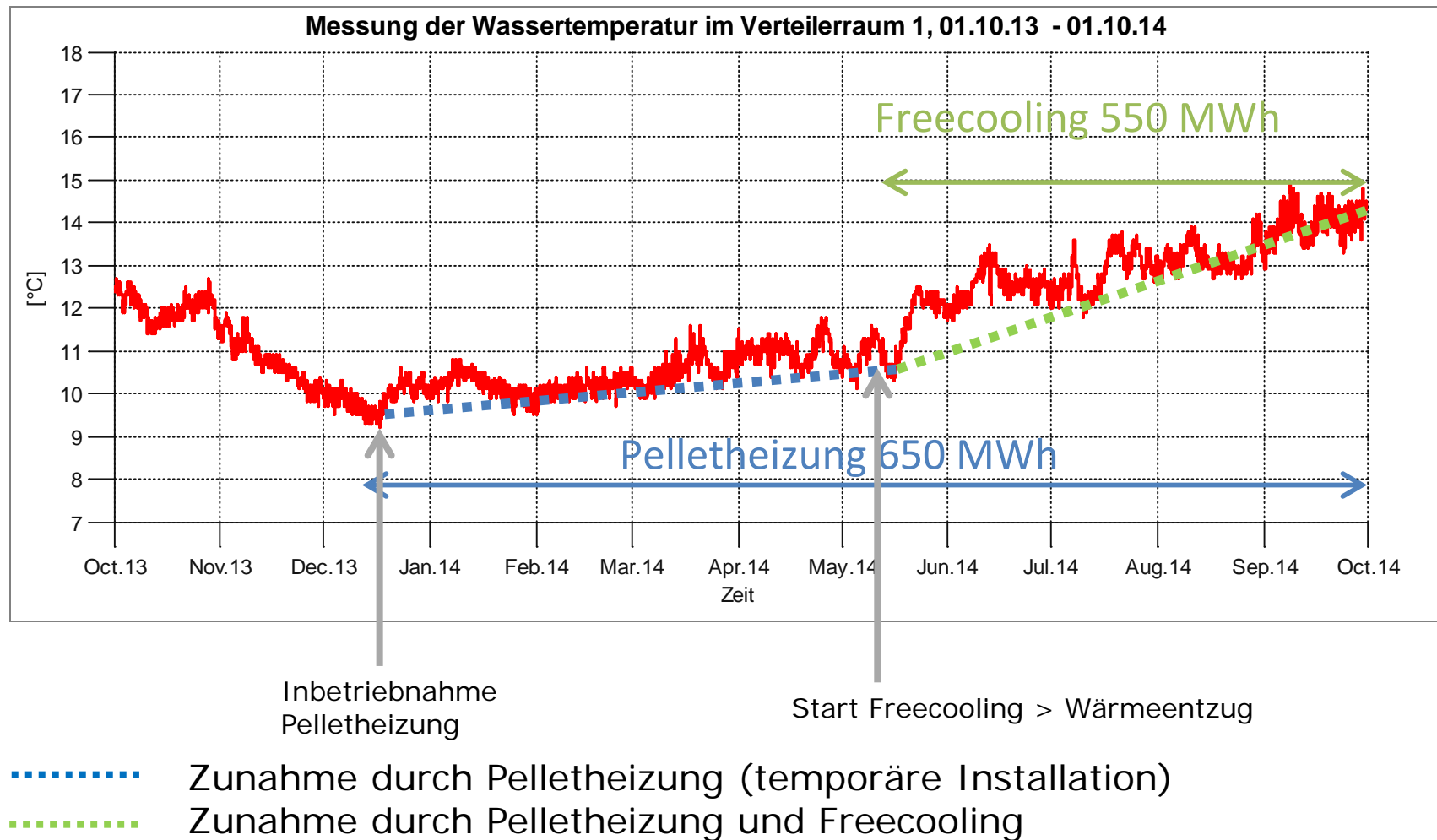
Bilanz	- 0.38 - ?	[GWh]
--------	------------	-------

Temperatur Erdsondenfeld



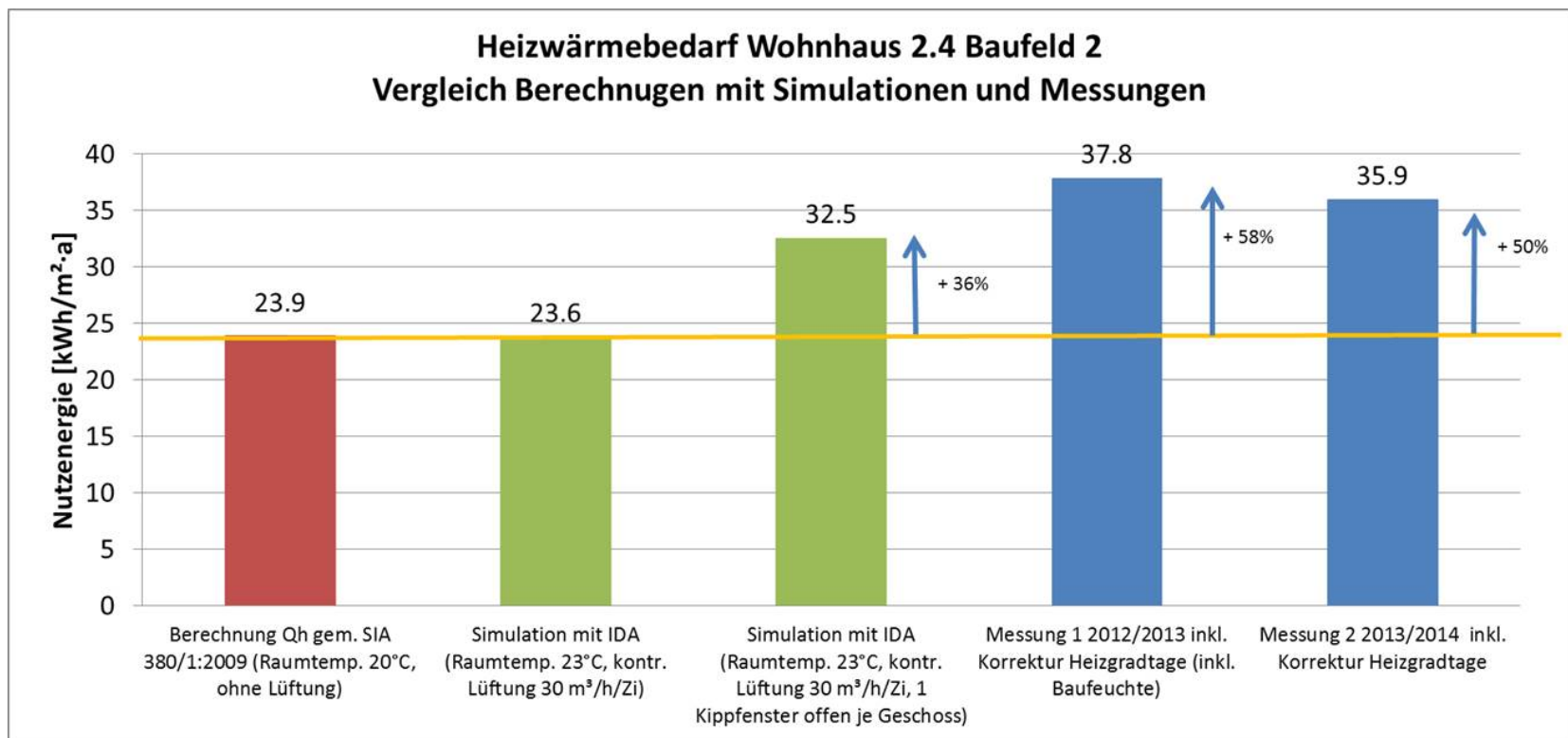
- Die Temperatur nimmt trotz einer negativen Bilanz zu, warum?

Temperatur Erdsondenfeld



Vergleich Berechnungen – Gebäudesimulationen - Messungen

- Um den Mehrverbrauch gegenüber der Berechnung gemäss SIA 380/1 zu verifizieren, wurden Simulationen mit IDA ICE für ein typisches Wohnhaus (Haus 2.4) durchgeführt
- Der Mehrverbrauch ist primär auf höheren Raumtemperaturen und auf einen höheren, thermisch wirksamen Aussenluftwechsel zurückzuführen



Fazit Monitoring

Dank dem Monitoring und dessen Auswertung konnte(n):

- Die effektive Effizienz der thermischen Vernetzung gerechnet werden
- Planungsfehler erkannt werden
- Optimierungsmassnahmen identifiziert werden und deren Einfluss auf dem Energieverbrauch geprüft werden
- Erfahrungswerte für die Weiterentwicklung des Ostareals gewonnen werden
- Die Genauigkeit eines Monitorings wahrgenommen werden
- Der Einfluss des Nutzerverhaltens auf die Energieeffizienz quantifiziert werden.

Fazit Simulationen

- Monitoring sehr wertvoll für realitätsnahe Randbedingungen
- Fallbeispiel „Suurstoffi“ gut im Simulationstool abbildbar
- Modellvalidierung erfolgreich (Simulation Bestand):
 - > d.h. gute Übereinstimmung von Messung und Simulationsergebnissen
- Planungsbestätigung erfolgreich (Simulation Gesamtareal) :
 - > ausgeglichene Wärmebilanz
 - > Dimensionierung der Hybridkollektorfläche ist korrekt

Danke für Ihre Aufmerksamkeit