

Simulation vs. Monitoring eines großen kalten Nahwärmenetzes mit Erdwärmekollektor

Hauke Hirsch,
Institut für Bauklimatik, Technische Universität Dresden
hauke.hirsch@tu-dresden.de

Übersicht

1. Motivation
2. Modellierung Wärmenetz und Erdreich mit SIM-VICUS / DELPHIN
3. Ergebnisse der Simulation
4. Vergleich mit Monitoring und Optimierungspotential
5. Fazit und Optimierungsbedarf

Forschungsprojekt KNW-Opt

Anlage

- Neubaugebiet, **180 Gebäude** mit **3000 MWh/a Wärmebedarf**
- **Kaltes Nahwärmenetz 6.5 km**
- großer **Erdwärmekollektor**: **11.000 m²**, 2 Schichten in 1.5 und 3 m

Forschungsprojekt

- Monitoring und Optimierung
- Entwicklung Simulationsmodelle



Fragen

- Wärmegewinne und –verluste des ungedämmten Netzes
- Vergleich Modell - Messung
- Gesamteffizienz der Anlage inkl. Umwälzpumpen

Methode

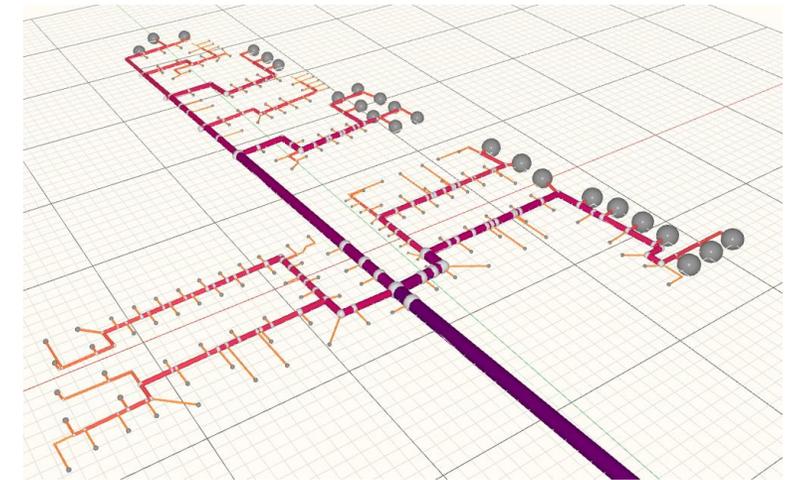
- Entwicklung von Simulationsmodellen für Wärmenetz und Erdreich
- Umfangreiches Monitoring, Auswertung, Modellvalidierung

Simulationsmodell

Thermo-hydraulisches Netzmodell

Model

- Dynamische Simulation der Temperaturen und Wärmeverluste
- Genaue Berechnung Druckverluste in jedem Zeitschritt
- Numerische Solver mit variablem Zeitschritt und FMI-Schnittstelle

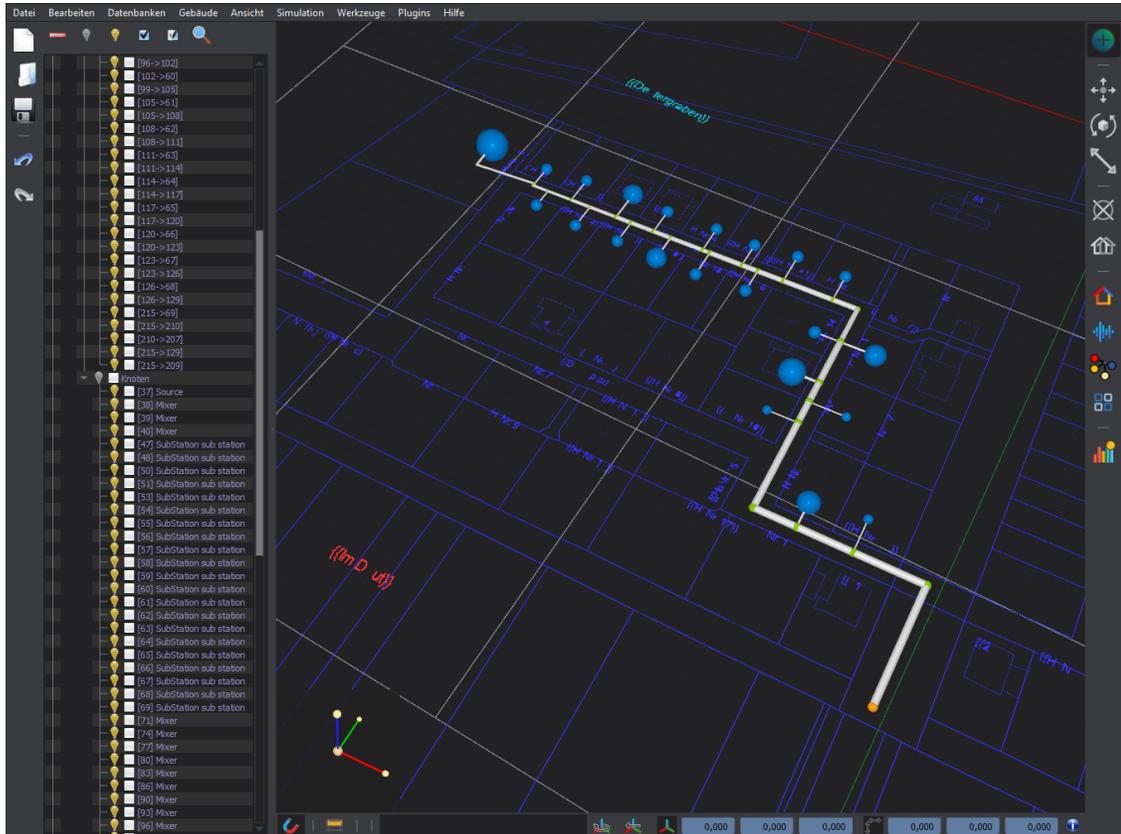


Software

- Entwicklung eigener Planungs- und Simulationssoftware



Software SIM-VICUS

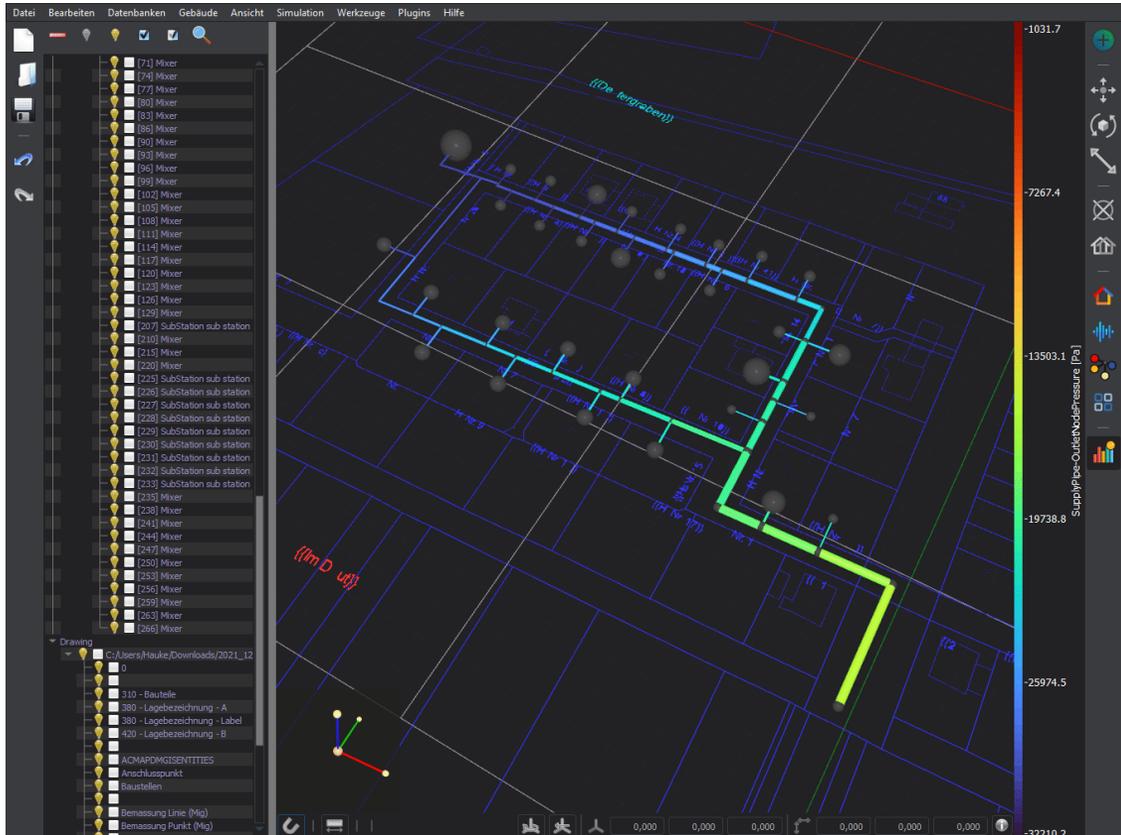


- Import von GIS Daten und DXF-Zeichnungen
- Planung und Dimensionierung von Wärmenetzen



www.sim-vicus.de

Software SIM-VICUS



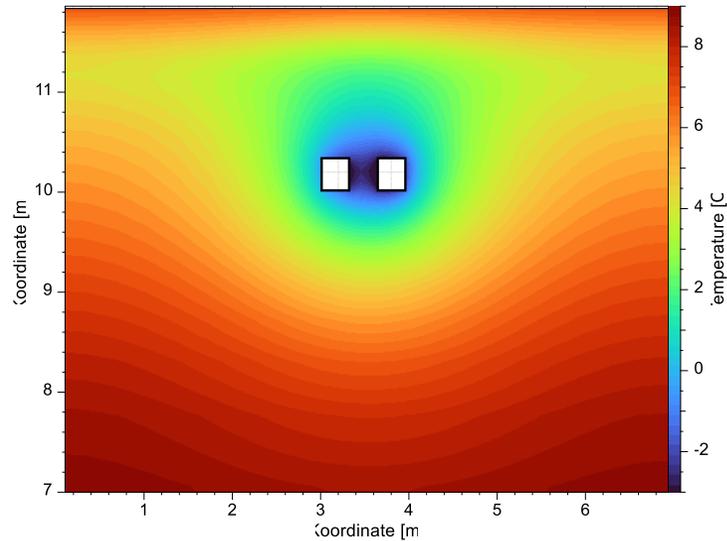
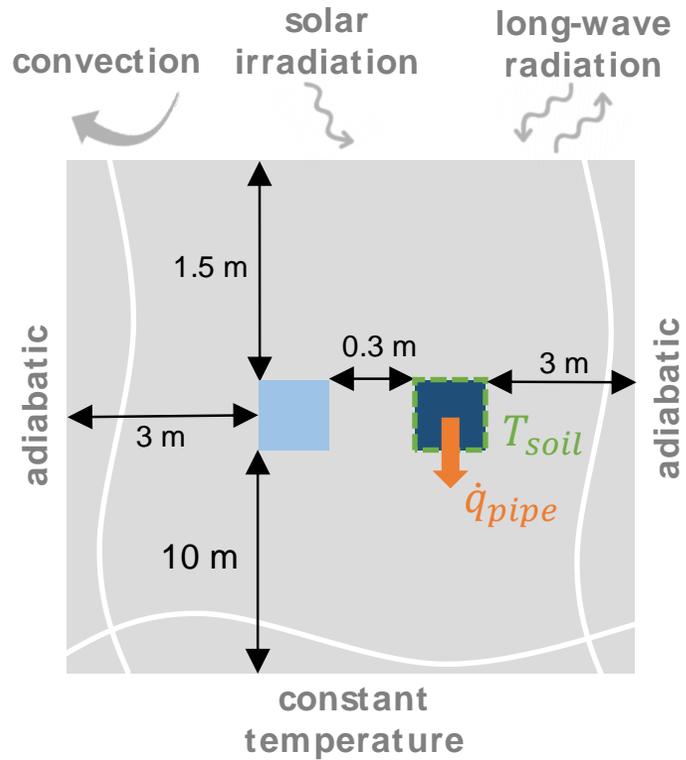
- Import von GIS Daten und DXF-Zeichnungen
- Planung und Dimensionierung von Wärmenetzen
- Dynamische Simulation, Bestimmung Druckverluste und Wärmeverluste



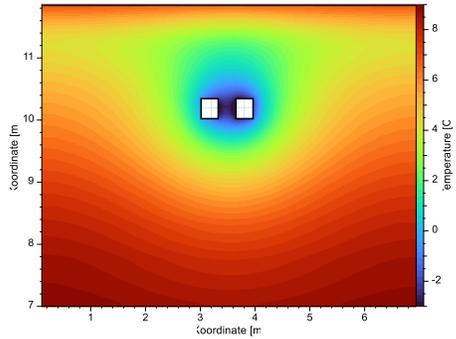
www.sim-vicus.de

Erdreichmodell

- 2D Finite-Volumen Modell mit Simulationssoftware DELPHIN
- Gekoppelter Wärme- und Feuchtetransport inkl. Eisbildung

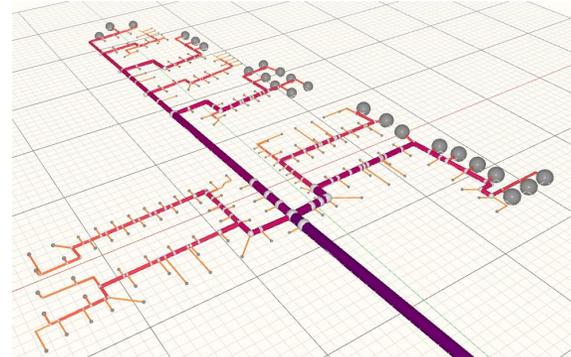


Gekoppelte Simulation



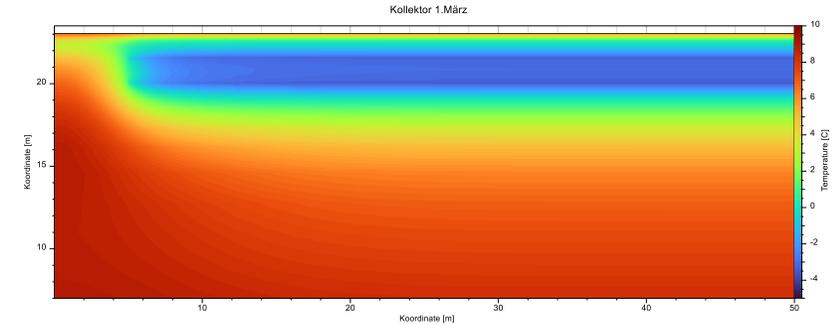
T_{soil}

\dot{q}_{pipe}



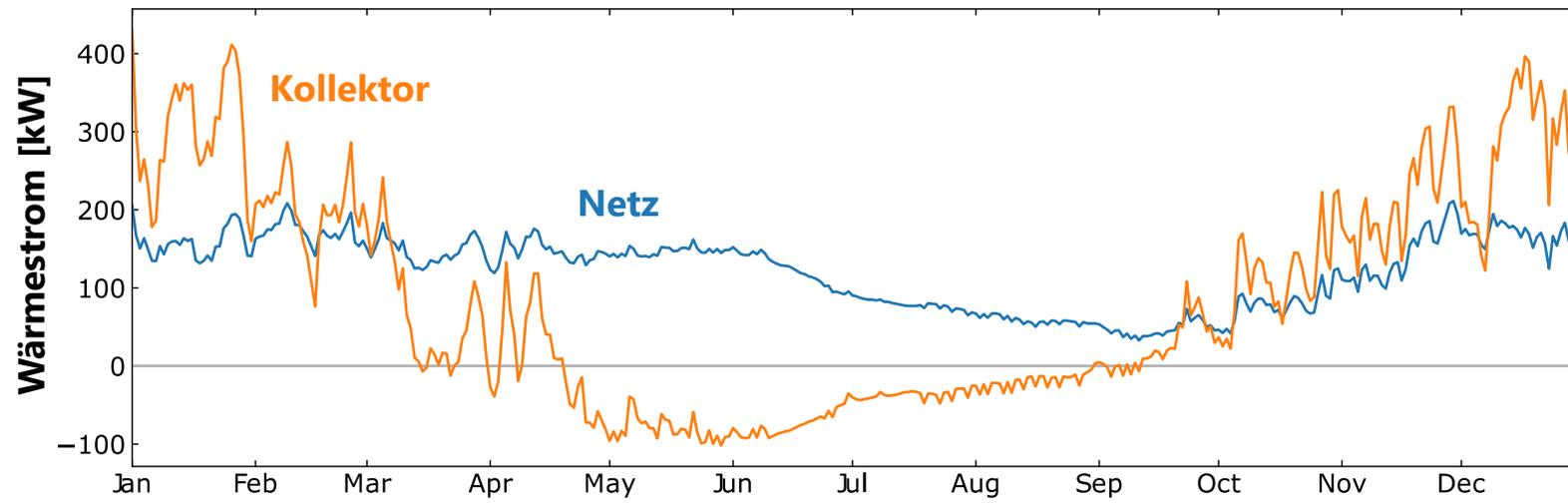
T_{GHX}

\dot{q}_{GHX}

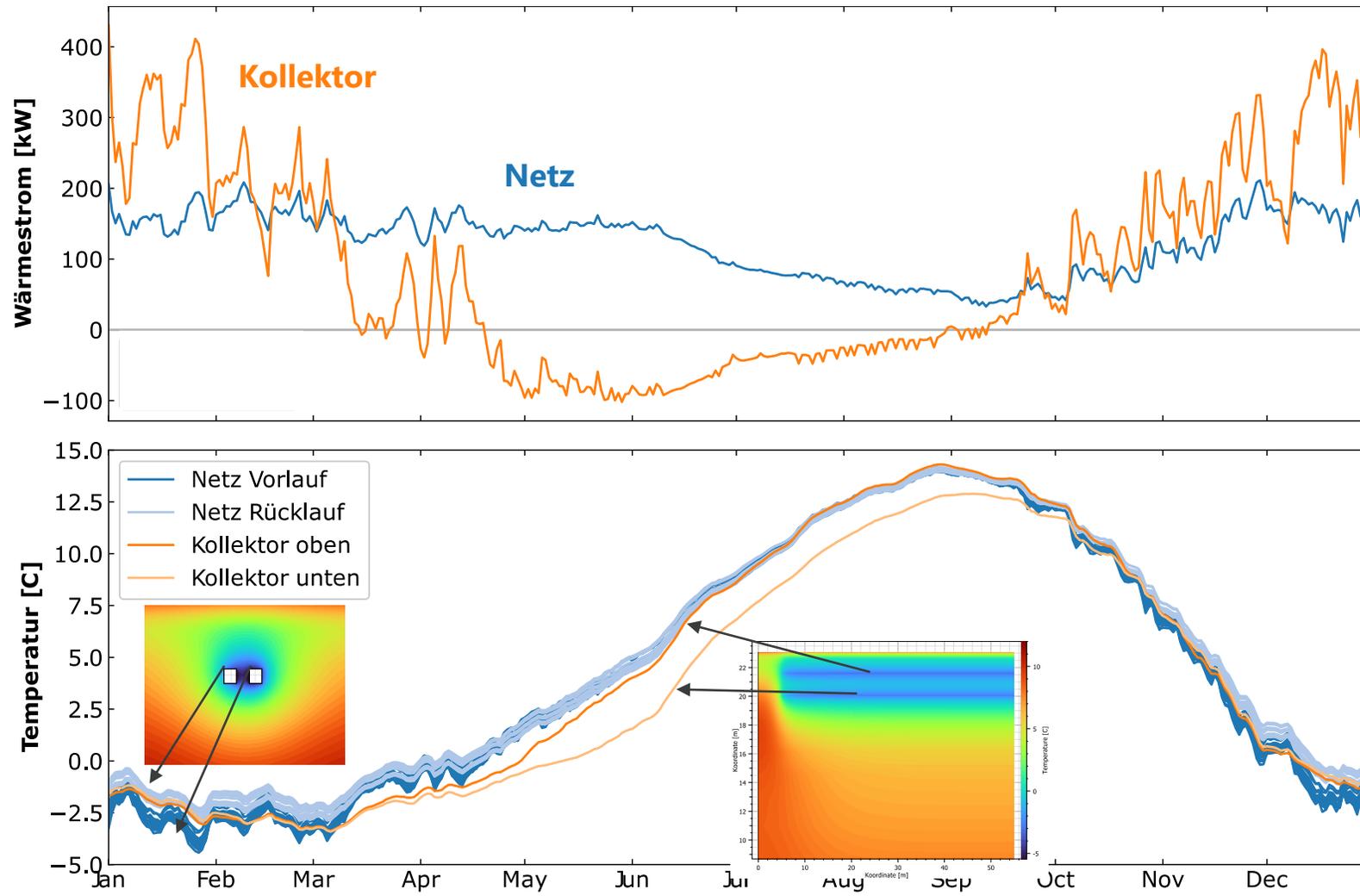


Ergebnisse der Simulation

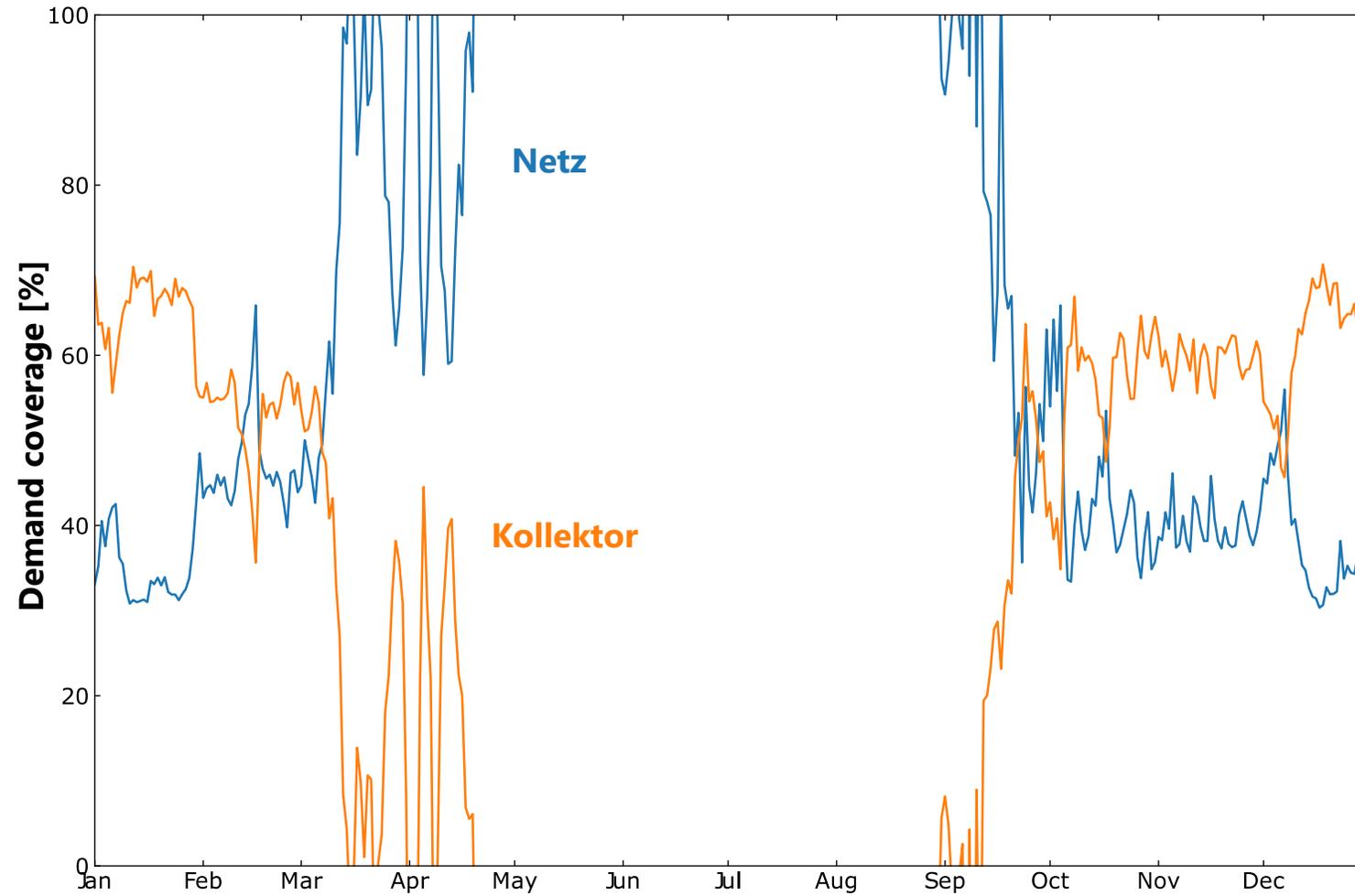
Wärmegewinne Netz und Erdwärmekollektor



Wärmegewinne Netz und Erdwärmekollektor



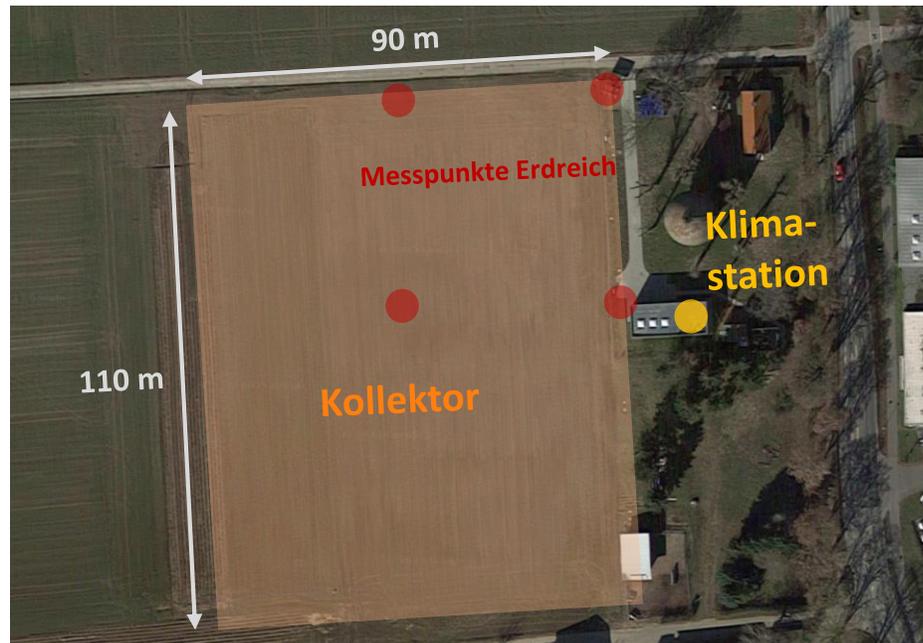
Anteil Wärme aus Netz und Kollektor



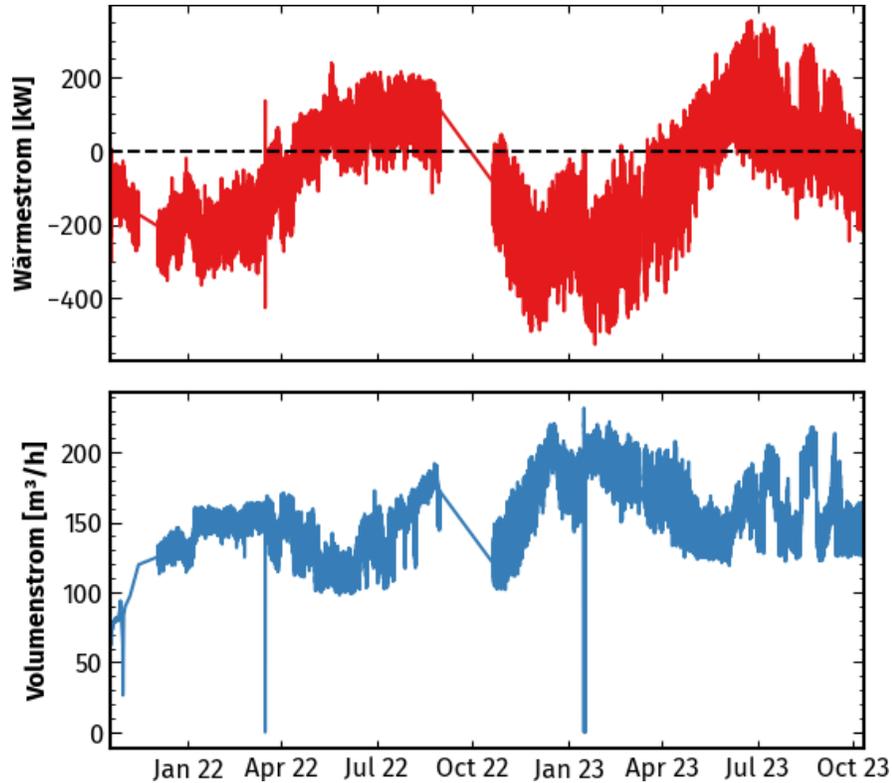
Vergleich mit Monitoring

Monitoring

- Eigene Klimastation
- Temperatur- und Feuchtefühler in verschiedenen Tiefen



Messung und Validierung Wärmeentzug

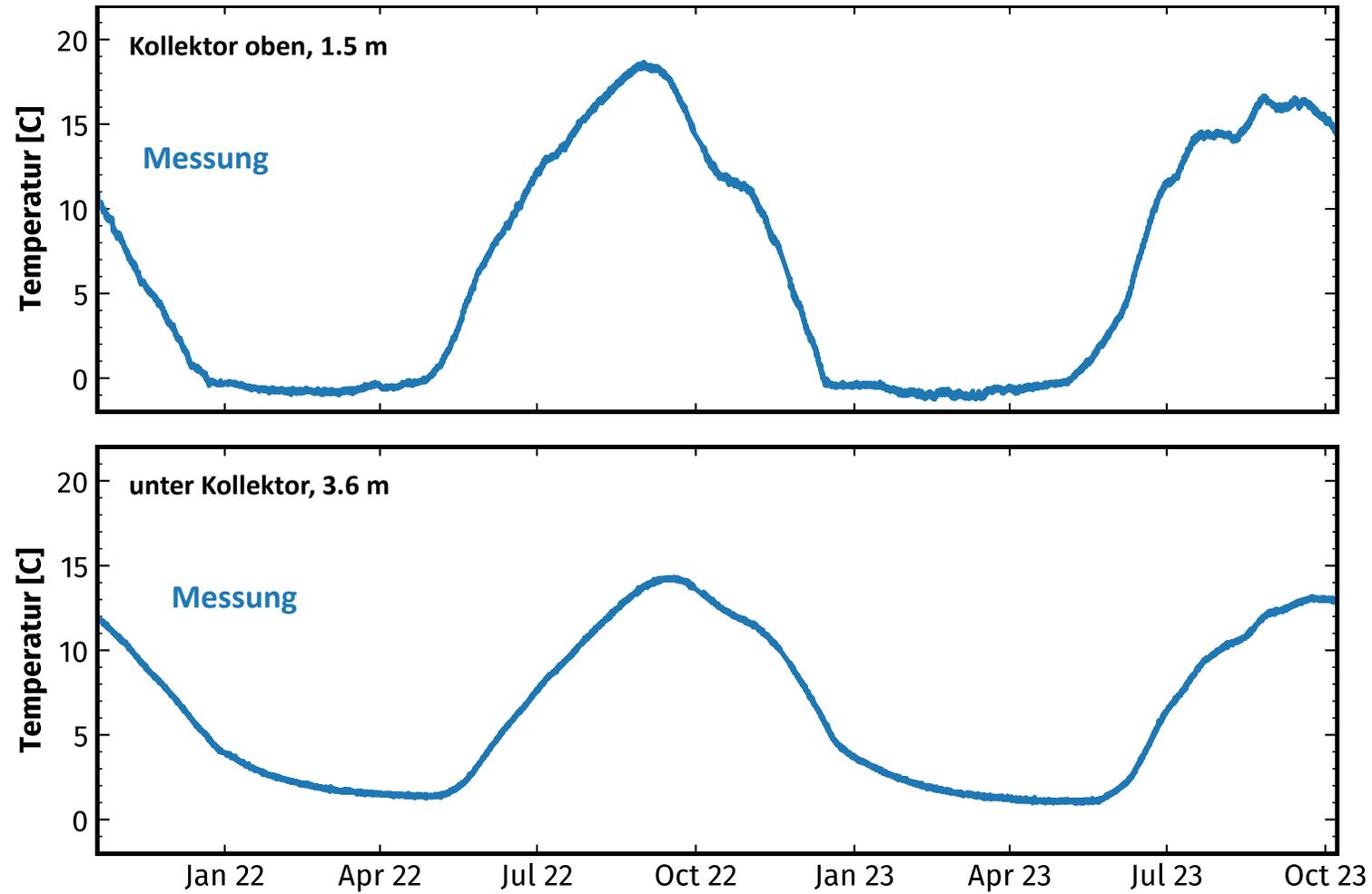


- Wärmeentzug, Volumenstrom und Klima von **Oktober 2021 – Oktober 2023**
- **Validierung DELPHIN Modell** Erdwärmekollektor

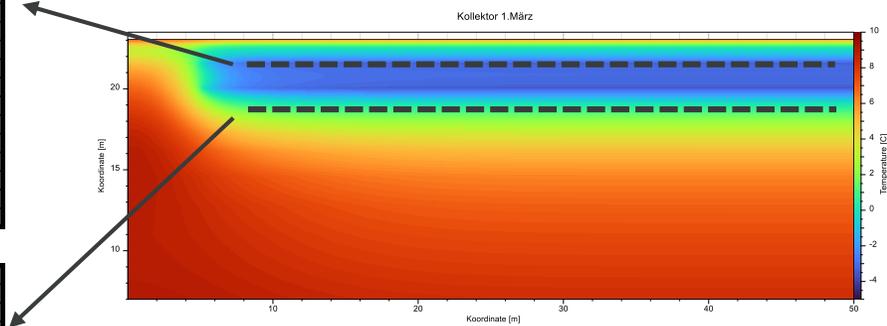
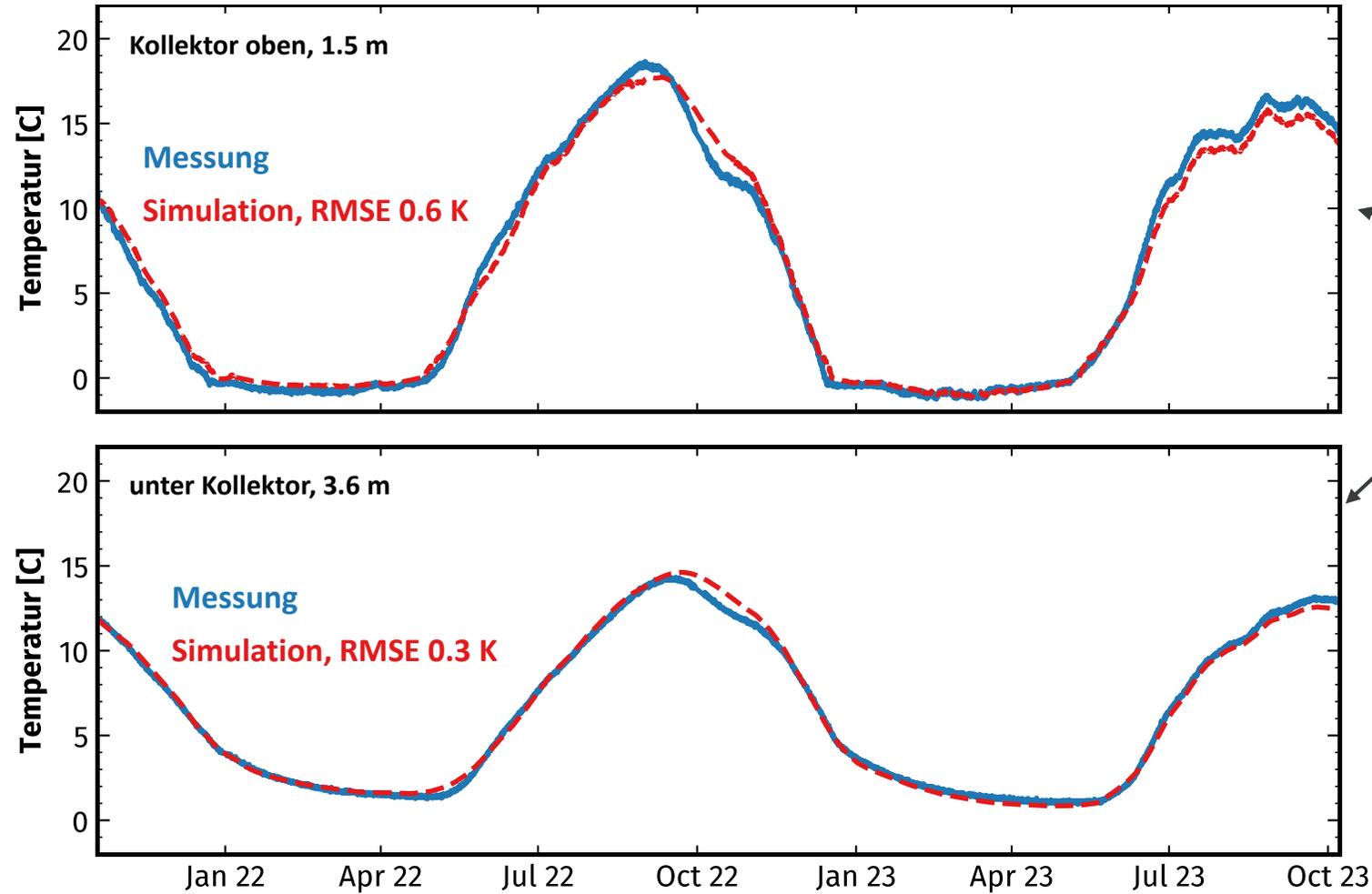
Klimadaten
(Strahlung, Temperatur,
Niederschlag, Grundwasser)



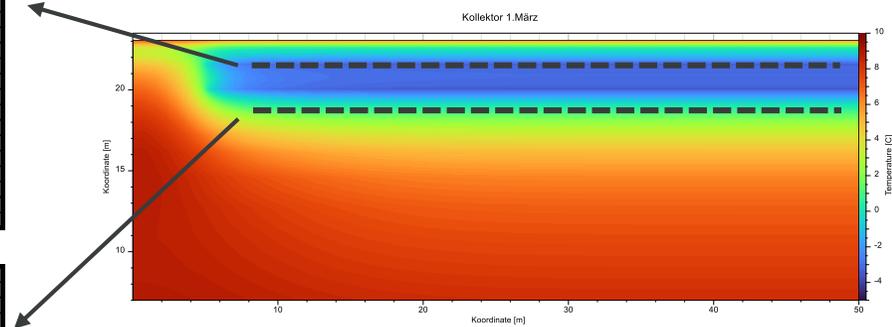
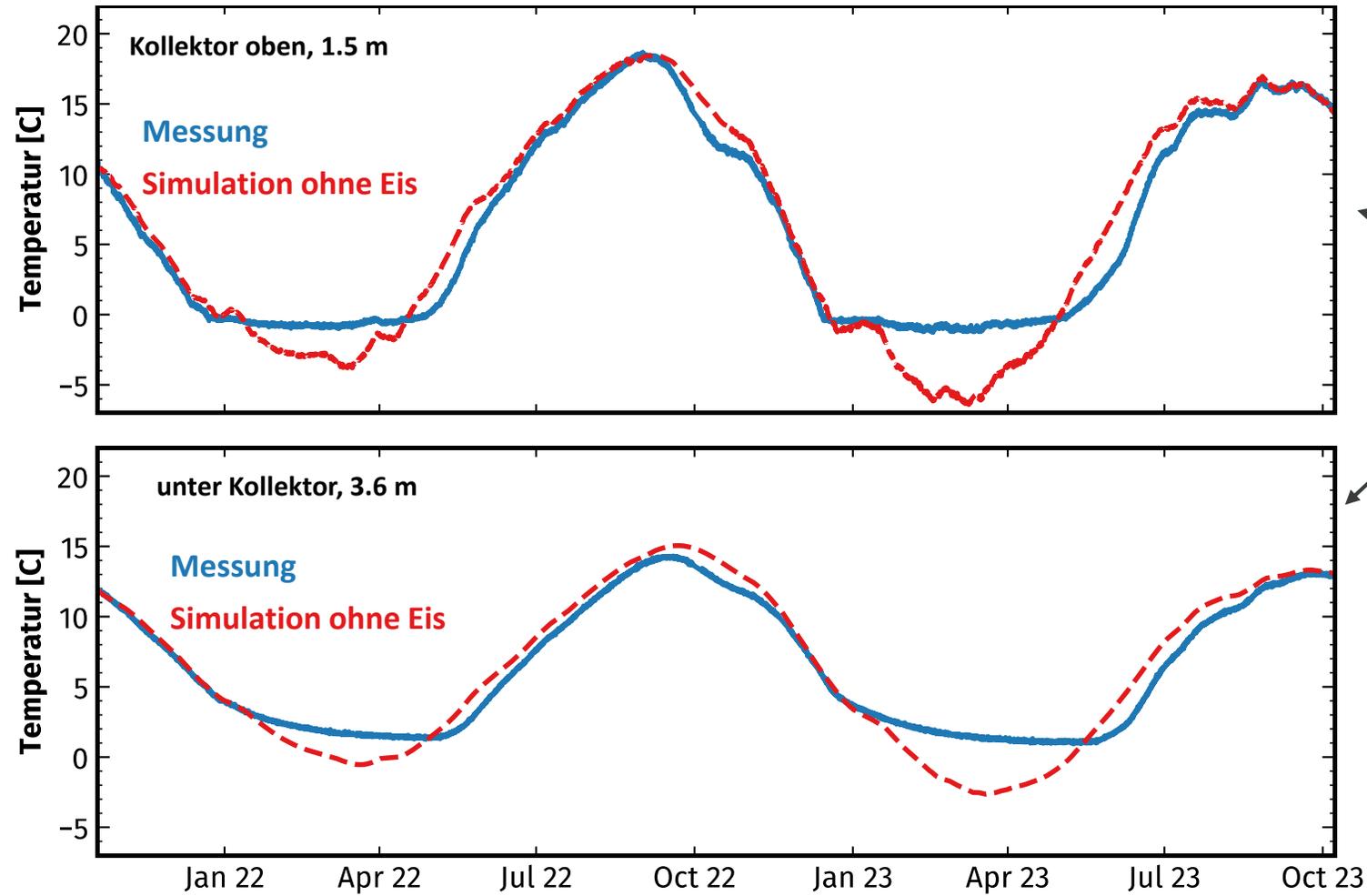
Validierung Erdreichtemperaturen



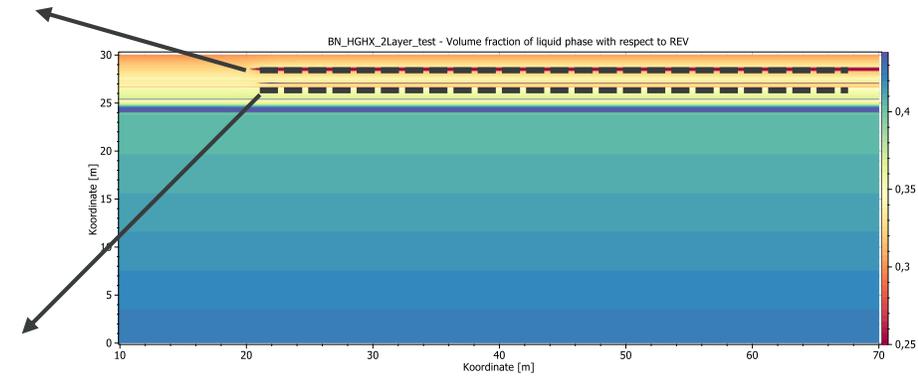
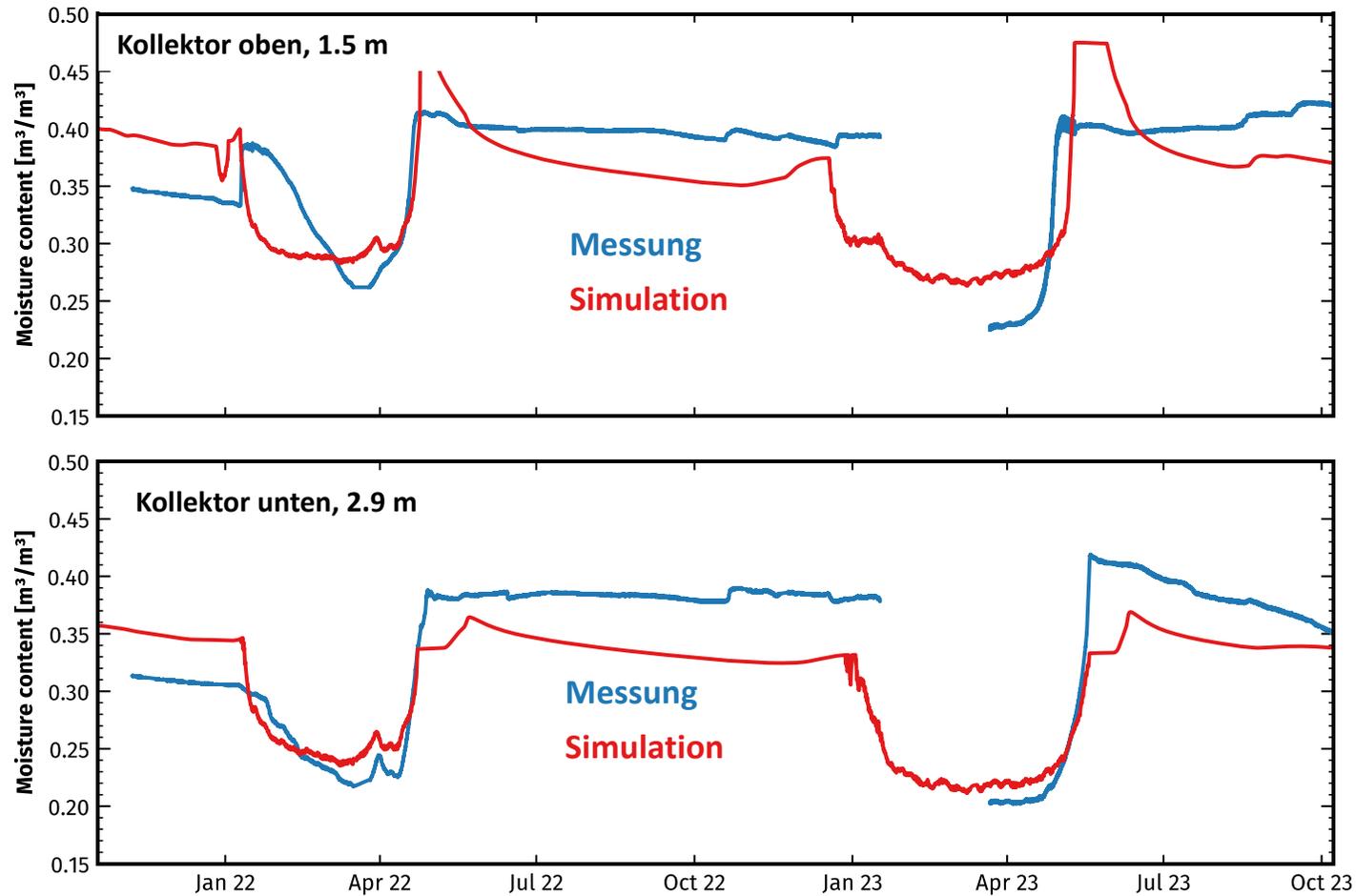
Validierung Erdreichtemperaturen



Wie wichtig ist Eisbildung?



Validierung Feuchtegehalt



COP und Jahresarbeitszahl

	Messung	Simulation
Temperatur Quelle / Senke	3.8°C / 41°C	0°C / 37°C
Jahresarbeitszahl (JAZ)	4.35	4.4

COP und Jahresarbeitszahl

	Messung	Simulation
Temperatur Quelle / Senke	3.8°C / 41°C	0°C / 37°C
Jahresarbeitszahl (JAZ)	JAZ = 4.35	JAZ = 4.4
Energiebedarf Pumpe	140 MWh	69 MWh
Jahresarbeitszahl gesamt	JAZ = 3.6	JAZ = 4.0

→ Strombedarf Pumpen doppelt so hoch

→ starker Einfluss auf Jahresarbeitszahl

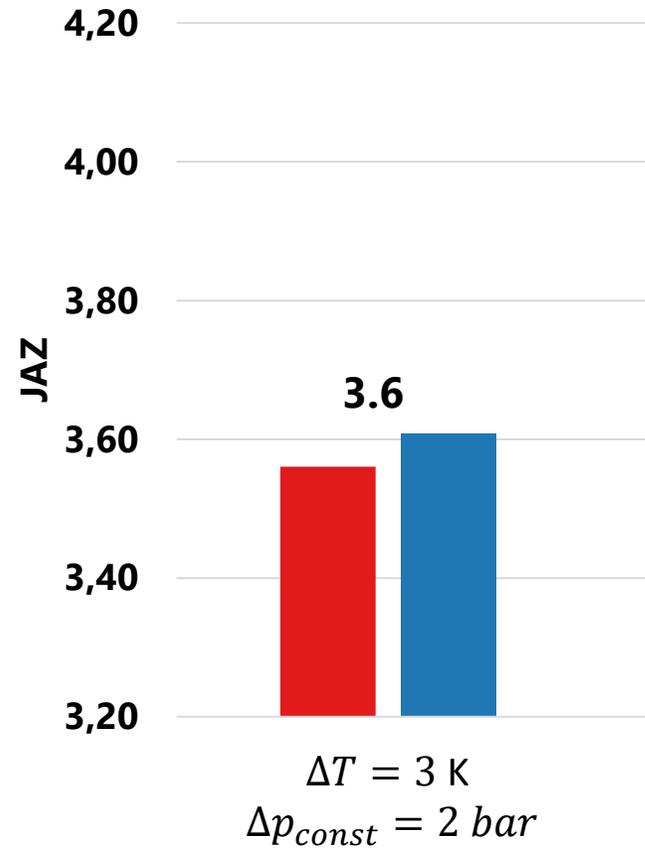
COP und Jahresarbeitszahl

	Messung	Simulation
Temperatur Quelle / Senke	3.8°C / 41°C	0°C / 37°C
Jahresarbeitszahl (JAZ)	JAZ = 4.35	JAZ = 4.4
Energiebedarf Pumpe	140 MWh	69 MWh
Jahresarbeitszahl gesamt	JAZ = 3.6	JAZ = 4.0

Möglichkeiten zur Optimierung der Pumpen

- Temperaturspreizung ΔT → Senkung Volumenstrom
- Druckhöhe Pumpen Δp → Senkung Druckerhöhung
- Pumpenregelung → Schlechtpunktregelung

Einfluss auf Jahresarbeitszahl



1.5 DWT

Messung

Simulation

Zusammenfassung

- Modell und Simulationssoftware (SIM-VICUS) für ein kaltes Nahwärmenetz mit Erdwärmekollektor entwickelt
- Für Beispiel Bad Nauheim: Wärmegewinne ca. 40 % aus Netz / 60 % aus Kollektor
- Validierung des Erdreichmodells (DELPHIN), Abweichung zur Messung < 1 K
- Jahresarbeitszahl:
 - Einfluss der Umwälzpumpen sollte unbedingt berücksichtigt werden (!!!)
 - ohne Optimierung JAZ = ca. 3.6 ! in Messung und Simulation
 - mit angepasster Pumpenregelung und Spreizung JAZ = 4.2 möglich



Fragen?

M.Sc. Hauke Hirsch
Institut für Bauklimatik, TU Dresden
hauke.hirsch@tu-dresden.de

