

Performance Monitoring von Wärmepumpensystemen mit Erdwärmesonden zum Heizen und Kühlen von Gebäuden

Weitere Projektinformationen:

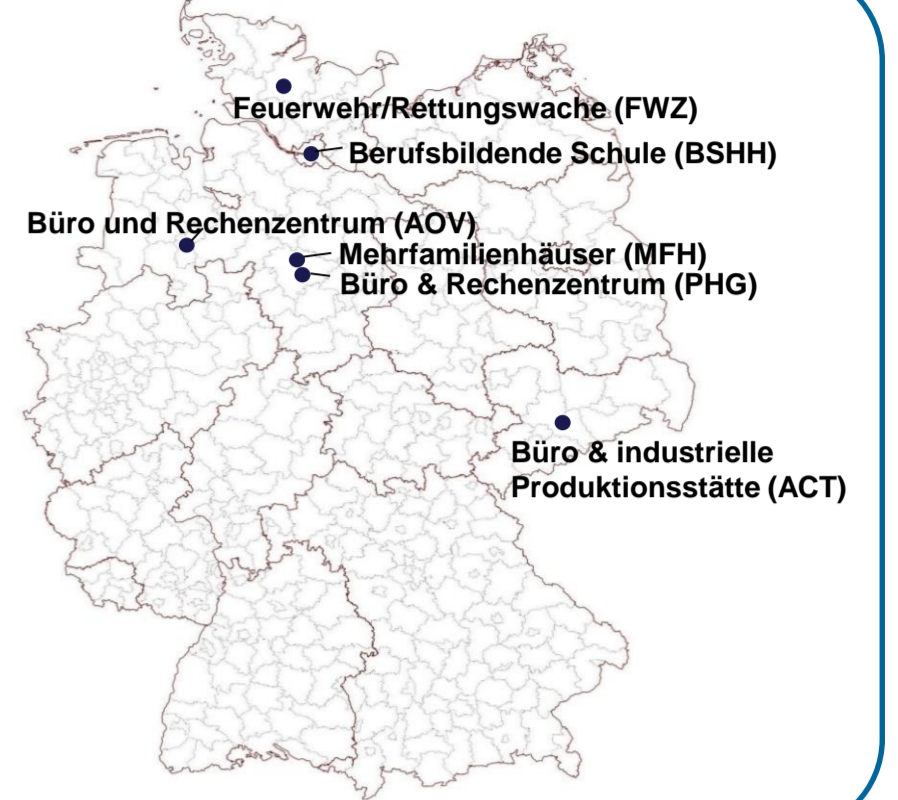


Krishna Timilsina, Sven-Yannik Schuba, Mu Huang, Peter Pärishch
Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)

An-Institut der
Leibniz
Universität
Hannover

Motivation und Ziele

- Große Wärmepumpenanlagen (>30 kW) mit Erdwärmesonden (EWS) für Gebäude und Quartiere sind ein wachsender Markt
- Große EWS-Felder verhalten sich wie ein Wärmespeicher, der nachhaltig bewirtschaftet und überwacht werden sollte
- Das Projekt Geo-Resume zielt darauf ab, Empfehlungen für den nachhaltigen Betrieb und die Optimierung großer EWS-Felder zu entwickeln, wobei der Schwerpunkt auf der thermischen Regeneration mit Solar-, Umwelt- und Abwärme liegt
- In diesem Beitrag: Auswahl und Monitoring von 12 repräsentativen Anlagen für den Vergleich von geplantem und tatsächlichem Betrieb und der Bewertung von Effizienz und langfristigem Verhalten



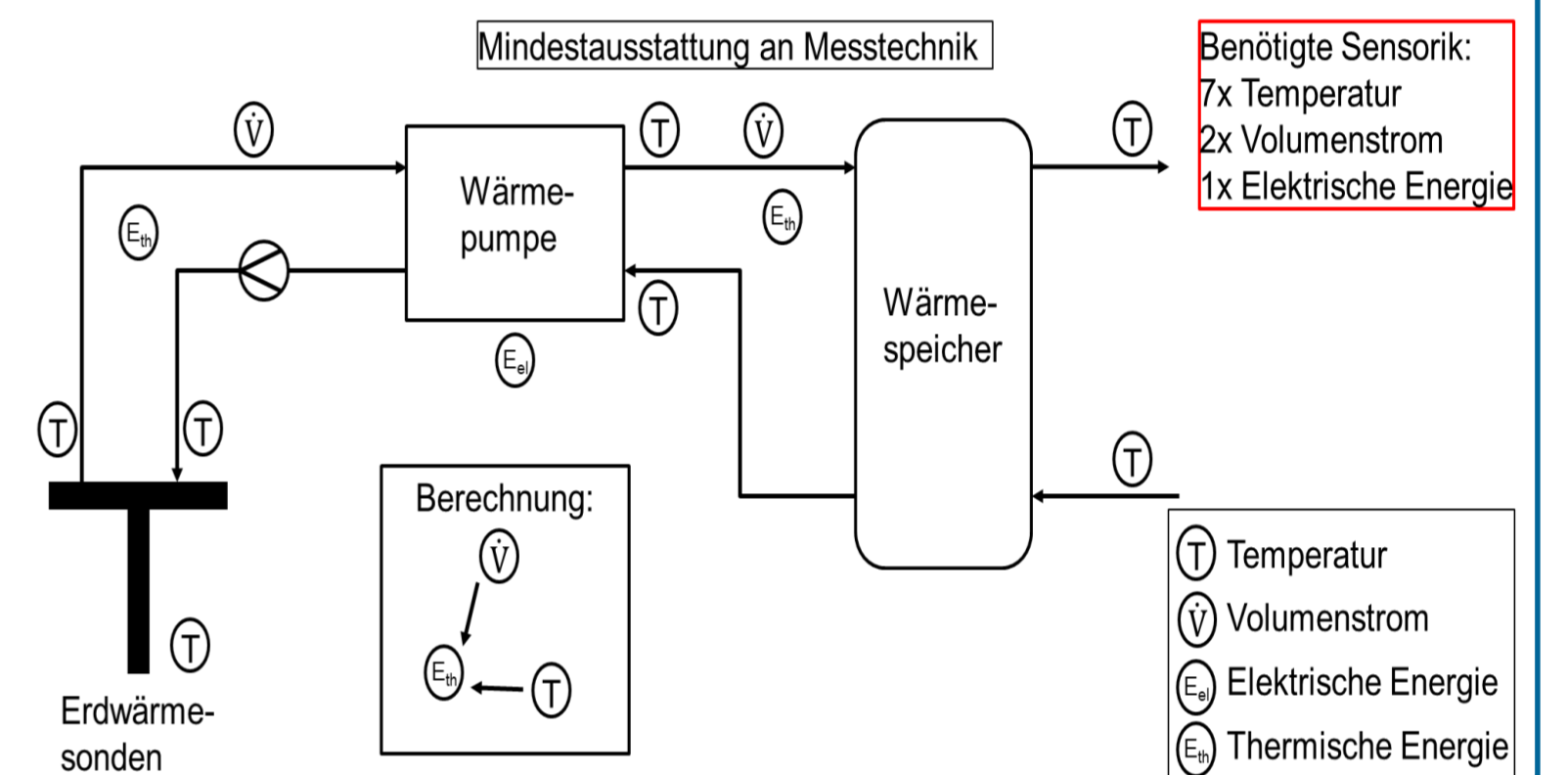
Beschreibung der Anlagen

- 12 Wärmepumpensysteme in Wohn- und Nichtwohngebäuden (teilweise Neu- und Bestandsanlagen)
- Auslegungslänge des EWS-Feldes von 10 bis 39 m/kW, im Durchschnitt 24 m/kW (Niedersachsen-Ø für >30 kW: 21,7 m/kW, Quelle: LBEG)

Anlage	Geplanter Heizwärmebedarf (MWh/a)	Geplanter Kältebedarf (MWh/a)	Gesamtlänge (m)	Geplanter Wärmeentzug (MWh/a)	Geplanter Wärmebeitrag (MWh/a)	WP-Nenn-Wärmeleistung (kW)	Regeneration durch
AOV_BA1	262	62	2500 (25 x 100)	174	206	140	Abwärme
AOV_BA2	305	73	1900 (19x 100)	92	81	150	Abwärme
BSHH	469	348	3760 (47 x 80)	351	348	191,2	Abwärme/Luftwärme
ACT_Geb2	90	81	1375 (11 x 125)	67,5	81	35	Abwärme
ACT_Geb3	162	180	3000 (24 x 125)	162	60	120	Abwärme
PHG	85	48	600 (6 x 100)	49,8	37	58,6	Abwärme/Solarwärme
FWZ	120	0	2000 (20 x 100)	93,3	0	80	Keine Regeneration
MFH_I1	141	0	1160 (8 x 145)	55,8	16,5	43	Solarwärme
MFH_I2	83	0	840 (6 x 140)	36,8	9,5	38	Solarwärme
MFH_I3	139	0	1305 (9 x 145)	57,9	16,2	43	Solarwärme
MFH_I4	176	0	1305 (9 x 145)	54,8	25,1	43	Solarwärme
MFH_I5	197	0	2030 (14 x 145)	91,7	23,3	72	Solarwärme

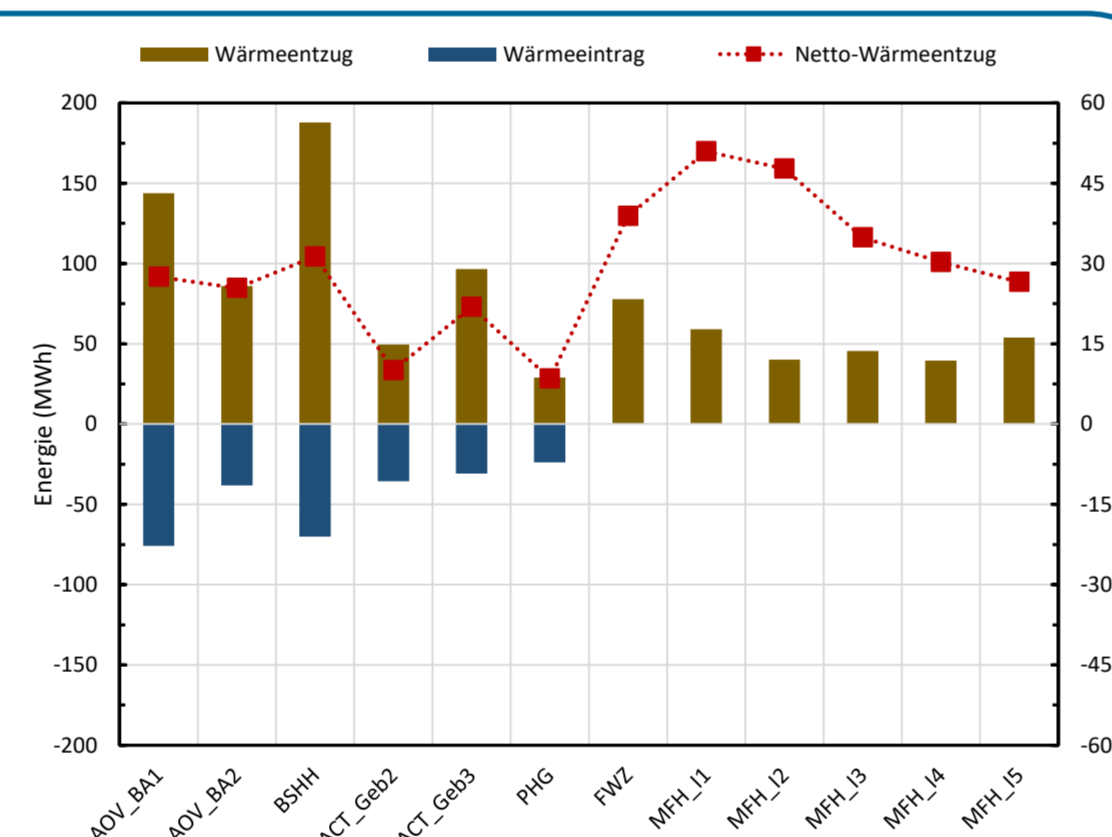
Messkonzept und -technik

- Identifizierung der zwingend erforderlichen Datenpunkte und der erforderlichen Sensoren und Geräte: Wärmemengenzähler (WMZ), Elektrozähler, Temperatursensor und Durchflussmesser
- Richtige Auswahl des WMZ ist wichtig, z. B. bidirektionales Zählwerk mit zulässiger Temperaturdifferenz auch unter 3 K
- Datenqualität geprüft und Korrekturen mit kontinuierlichem Feedback an den Betreiber/Planner
- Nicht alle Standorte verfügen über alle erforderlichen Datenpunkte
- Zeitstempel-Daten max. 15 min

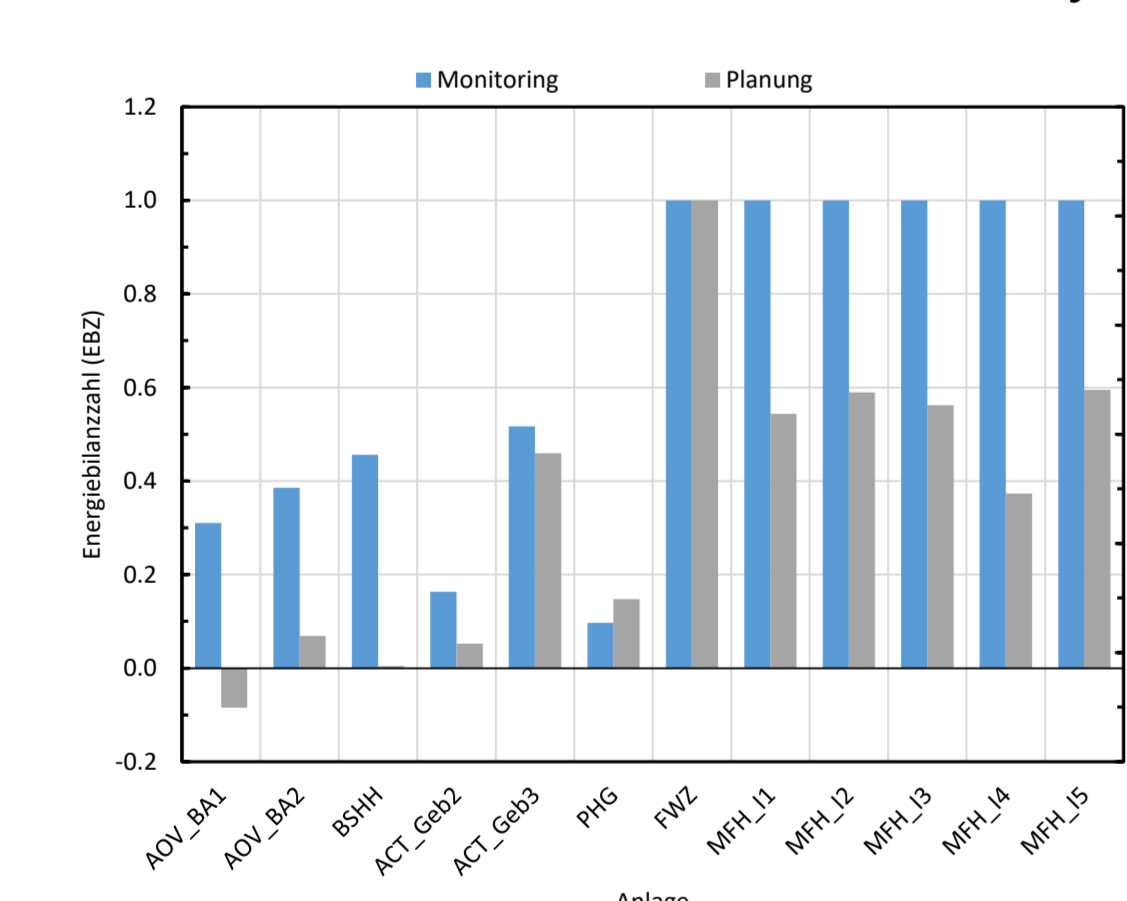


Energiebilanz Erdreich (2023)

- Höherer Wärmeentzug als Wärmebeitrag für alle Systeme
- MFHs hatten einen Betriebsausfall im PVT-Fluidkreislauf (keine Regeneration)
- Durchschnittliche Entzugsenergie von 44 kWh/(m·a) und Eintragsenergie von 24 kWh/(m·a)



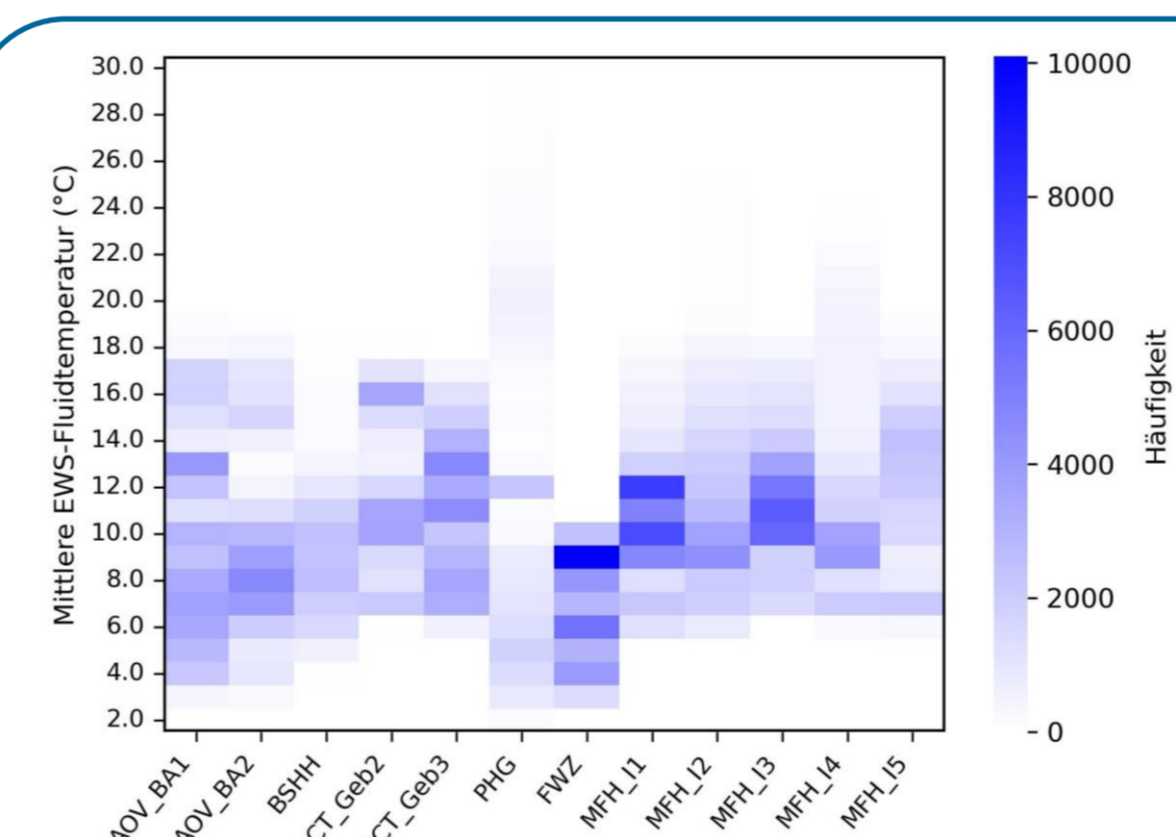
- Energiebilanzzahl: $EBZ = \frac{\int \dot{Q}_{Entzug} dt - \int \dot{Q}_{Eintrag} dt}{\int \dot{Q}_{Entzug} dt + \int \dot{Q}_{Eintrag} dt}$



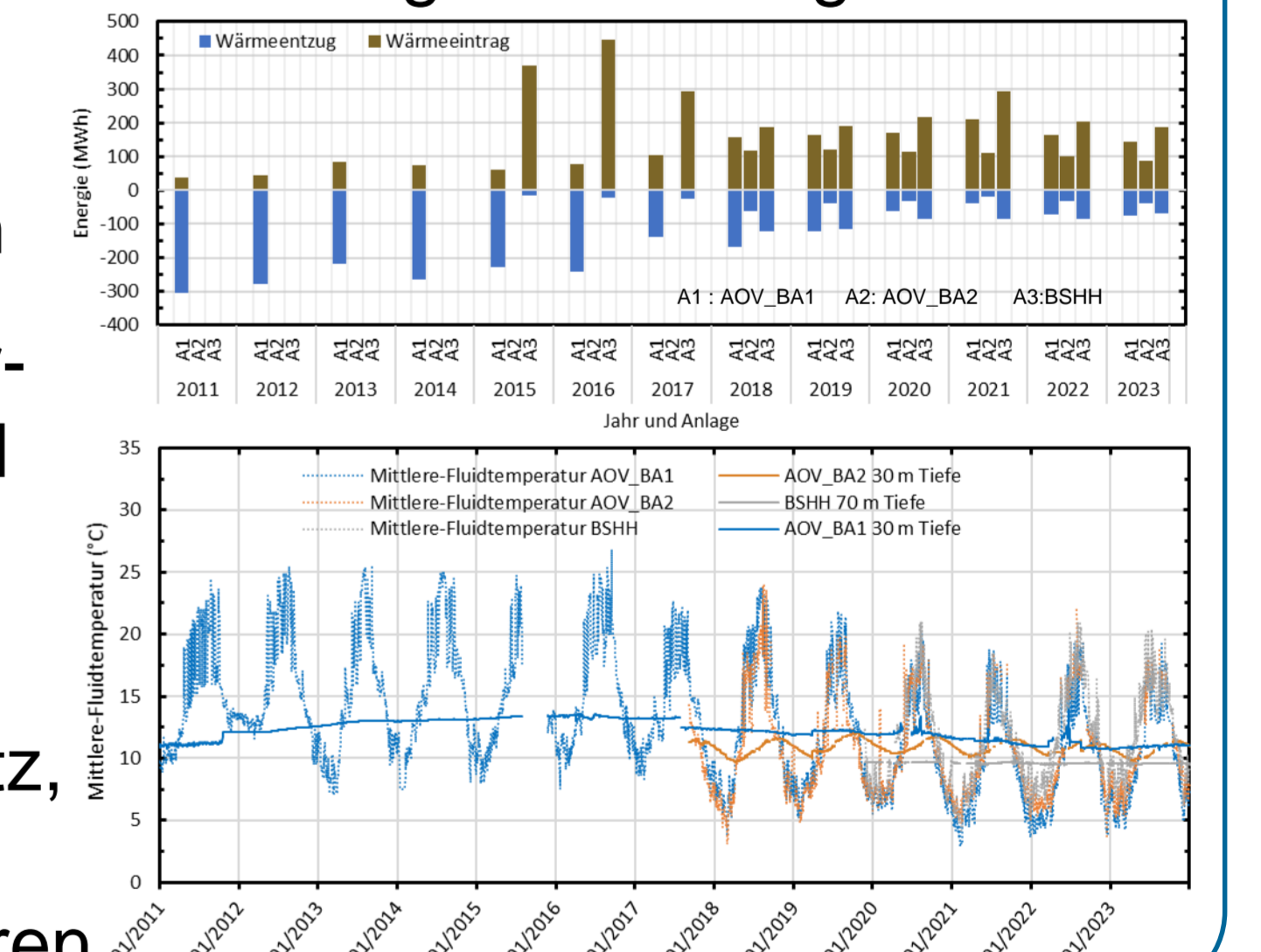
- Gemessene EBZ ist höher als geplant, meistens weil Entzug größer und Eintrag kleiner als geplant sind
- Kleinere EBZ für Nichtwohngebäude als für MFHs
- Meistens große Abweichung von der geplanten EBZ

Temperaturen und Langzeitverhalten

- Die mittlere EWS-Fluidtemperatur ist meist relativ hoch (4-17 °C)
- Die Rücklauftemperatur in allen Anlagen (min. -0,1 °C) war immer höher als die zulässige Mindesttemperatur von -3 °C
- Neuanlagen (MFH) haben hohe Fluidtemperaturen sogar ohne Regeneration

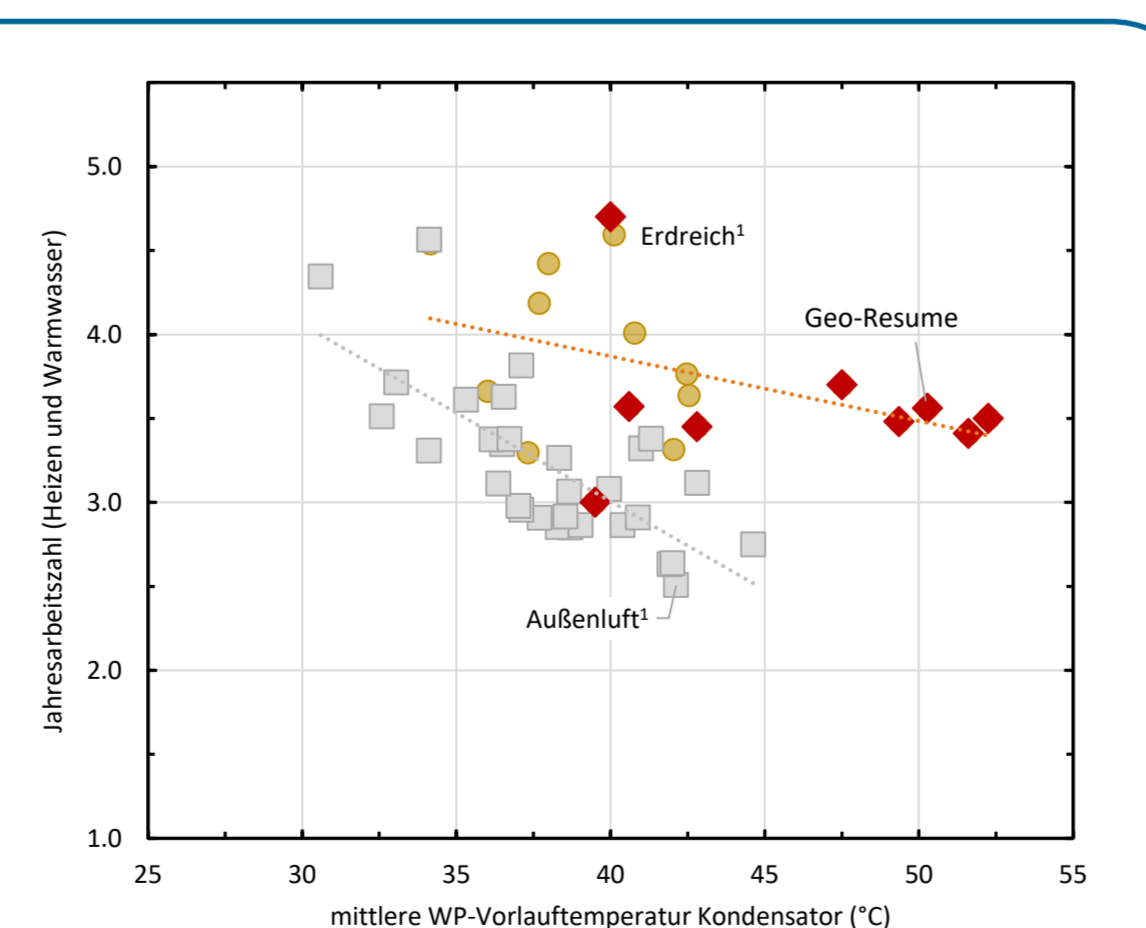


- Schwankungen beim Wärme- und Kühlbedarf von Nichtwohngebäuden
- Deutlicher Anstieg der Grundwassertemperatur bei Übereinspeisung und Absenkung bei Überextraktion
- Modifikationen am Wärme- und Kühlbedarf (z. B. durch Wärmeschutz, Dämmung, etc.) ermöglichen nachhaltige Grundwassertemperaturen



Jahresarbeitszahlen (JAZ)

- Die JAZ sinkt mit der steigender Wärmepumpen-Vorlauftemperatur an die Gebäude um etwa 0,04 je K
- Die Abhängigkeit der erdgekoppelten Wärmepumpe von der WP-Vorlauftemperatur ist geringer als bei der Luftwärmepumpe
- Mittlere Quellentemperatur des EWS-Feldes ist höher als bei Außenluft, was die Effizienz begünstigt



¹K. S. Kramer, S. Mehnert, G. Murr, S. Helmig, and M. Lämmle, "Photovoltaic Thermal Technology Collectors, Systems, and Applications," Energy Tech, Bd. 11, Nr. 12, S. 2300378, Dez. 2023, doi:10.1002/ente.202300378.

Fazit

- Verfügbarkeit einer Mindestausstattung an Messtechnik und entsprechenden Datenpunkten bei Betriebsbeginn sinnvoll
- Abweichungen zwischen Planung und Betrieb (Planungsunsicherheiten) können ein Re-Design erforderlich machen
- Hohe Effizienz von EWS-gekoppelten Wärmepumpen bestätigt
- Kontinuierliche Optimierung durch Langzeit-Monitoring ist möglich
- Saisonale Wärmespeicherung von Abwärme und Solarwärme (passiv/aktiv) führt zu einem nachhaltigem Betrieb, auch bei weniger Erdwärmesonden oder geringerer Sondenlänge

Das der vorliegenden Veröffentlichung zugrundeliegende Vorhaben „Geo-Resume“ wird vom Land Niedersachsen und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 03EE4021A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren und der Autorin.

Verbundpartner:

Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)

Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal, Telefon: +49(0)5151 999-100, Telefax: +49(0)5151 999-400, Internet: www.isfh.de