



Untersuchung eines geothermisch- und sorptionsgestützten Klimatisierungssystems im Kühl- und Heizbetrieb

Peter Niemann und Finn Richter

Institut für Technische Thermodynamik
Technische Universität Hamburg

28. November 2018, Essen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen:
03ET1421A



Bundesverband
Geothermie

TUHH

TECHNISCHE THERMODYNAMIK

theguardian

World set to use more energy for cooling than heating

Rising demand for air conditioning and refrigeration threatens to make planet hotter and undermine pledges to rein in emissions

Jon Henley

Monday 26 October 2015 09:04 GMT

The world faces a looming and potentially calamitous “cold crunch”, with demand for air conditioning and refrigeration growing so fast that it threatens to smash pledges and targets for global warming.

Worldwide power consumption for air conditioning alone is forecast to surge 33-fold by 2100 as developing world incomes rise and urbanisation advances. Already, the US uses as much electricity to keep buildings cool as the whole of Africa uses on everything; China and India are fast catching up. By mid-century people will use more energy for cooling than heating.

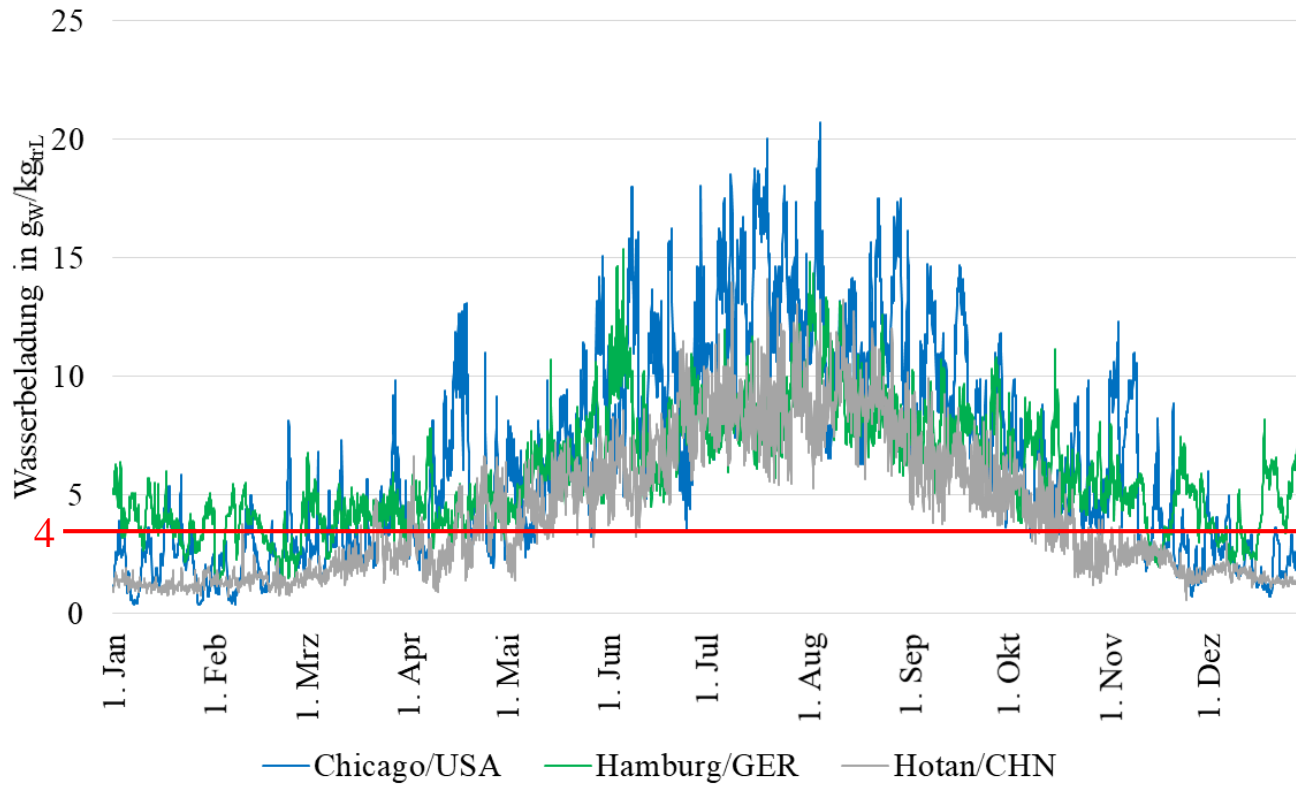
And since cold is still overwhelmingly produced by burning fossil fuels, emission targets agreed at next month’s international climate summit in Paris risk being blown away as governments and scientists struggle with a cruel climate-change irony: cooling makes the planet hotter.

“Most people tend to think of energy in terms of heat and light and transport,” said Toby Peters, visiting professor of power and the cold economy at the University of Birmingham. “But more and more, it’s going to be about cold. Demand for cold is already huge, it’s growing fast, and we’re meeting it in basically the same way we’ve been doing for a century. Cold is the Cinderella of the energy debate. If we don’t change the way we do it, the consequences are going to be dramatic.”

Artificial cold is a recent phenomenon: the first domestic air-conditioning unit appeared in 1914, the first home fridges in 1930. As late as 1965, only a third of UK homes had one.

But cold has quietly become a part of 21st-century life, certainly in advanced economies: people expect air conditioning to make homes, offices and cars comfortable (and many cities habitable); most food in the developed world is chilled or frozen; medicines, including vaccines, need refrigeration; industries such as steel, chemicals and plastics depend on cooling; deprived of cold, data centres - and the internet - would collapse in minutes.

Quelle: www.theguardian.com/environment/2015/oct/26/cold-economy-cop21-global-warming-carbon-emissions



Bedarf der Luftbefeuchtung im Winter

- Versuchsanlage und Systemlayout
- Experimentelle Untersuchungen und Systembewertung
 - » Thermischer Komfort
 - » Gesamtsystem und Vergleich mit Referenzsystemen
 - » Geothermisches System
- Zusammenfassung und Ausblick



Versuchs-
anlage



Wärme-
pumpe

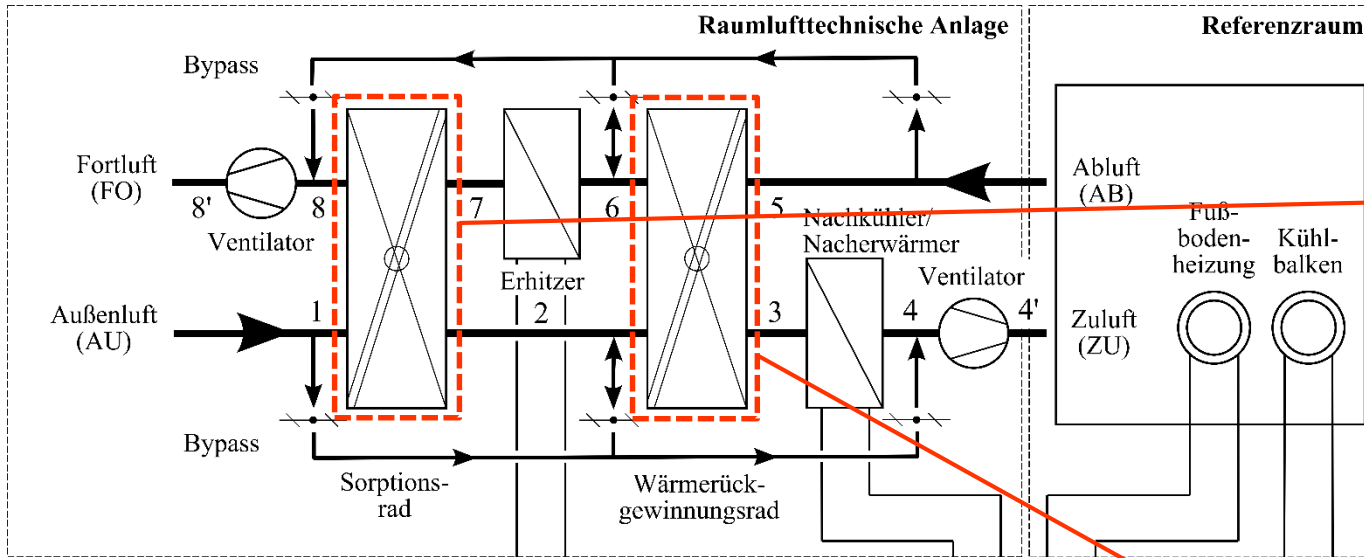


Technische
Anlagen



Peripherie
des geother-
mischen
Systems

Systemlayout der Versuchsanlage

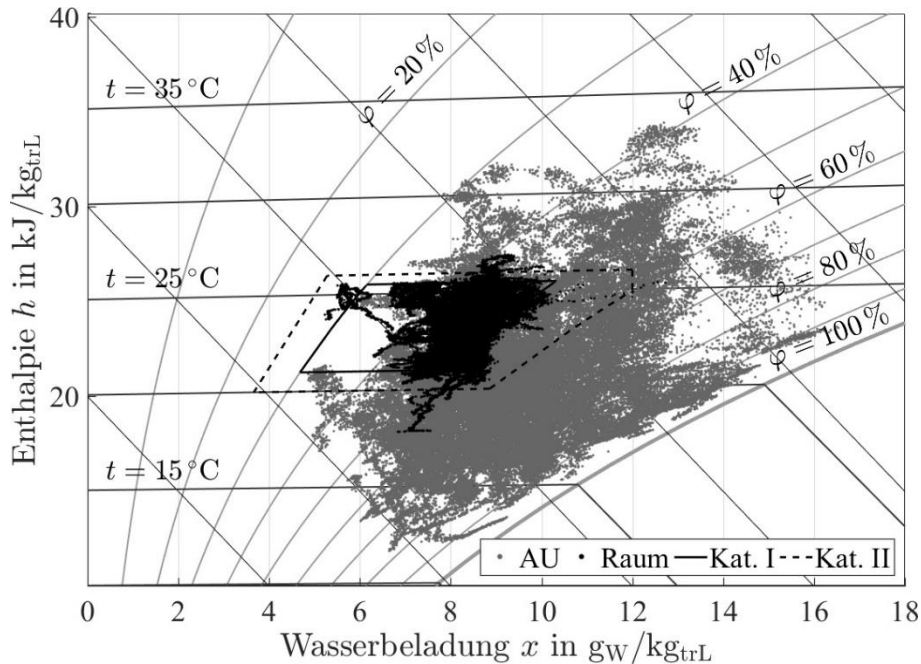


Sorptionsrad (LiCl, Silikagel)



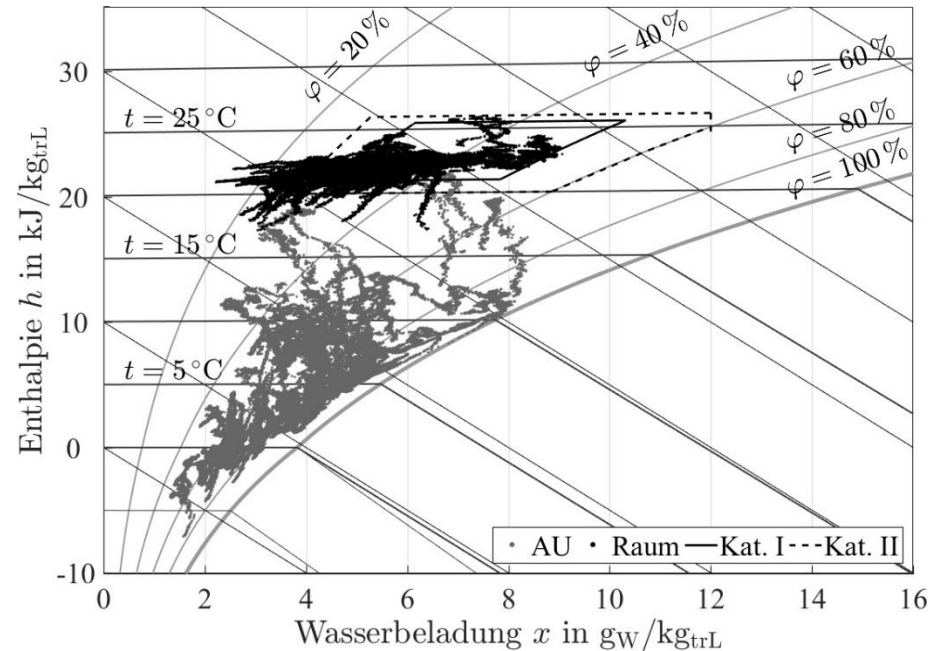
Wärmerückgewinnungsrad (Al)

Kühlperiode



- Moderate Sommerperiode
- 66 % der AU-Zustände außerhalb des Komfortbereichs bzgl. Kat. I, 49 % außerhalb Kat. II
- Raumlufzustände erfüllen die Anforderungen an Kat. I zu 77 % (Kat. II: 99 %) während der Betriebszeit

Heizperiode



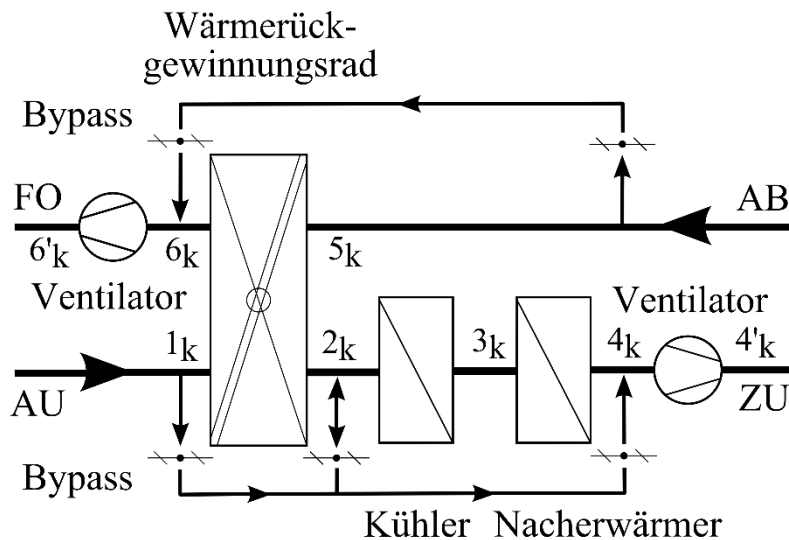
- Moderate Winterperiode
- 99,5 % der AU-Zustände außerhalb der Komfortbereiche bzgl. Kat. I/II
- Raumlufzustände erfüllen die Anforderungen an Kat. I zu 67 % (Kat. II: 75 %) während der Betriebszeit
- Abweichungen maßgeblich durch zu niedrige Raumluf temperatures am Morgen verursacht

Referenzsystem TP-KKM

- Entfeuchtung durch Taupunktunterschreitung mittels Kompressionskältemaschine
- Kompressionskältemaschine: $EER_{el} = 3,0$
- Zulufttemperatur: $\vartheta_{ZU} = 16\text{ °C}$

Referenzsystem S-KKM

- Sorptive Entfeuchtung wie Versuchsanlage
- EWS durch KKM ersetzt
- Kompressionskältemaschine: $EER_{el} = 3,2$
- Zulufttemperatur: $\vartheta_{ZU} = 22\text{ °C}$

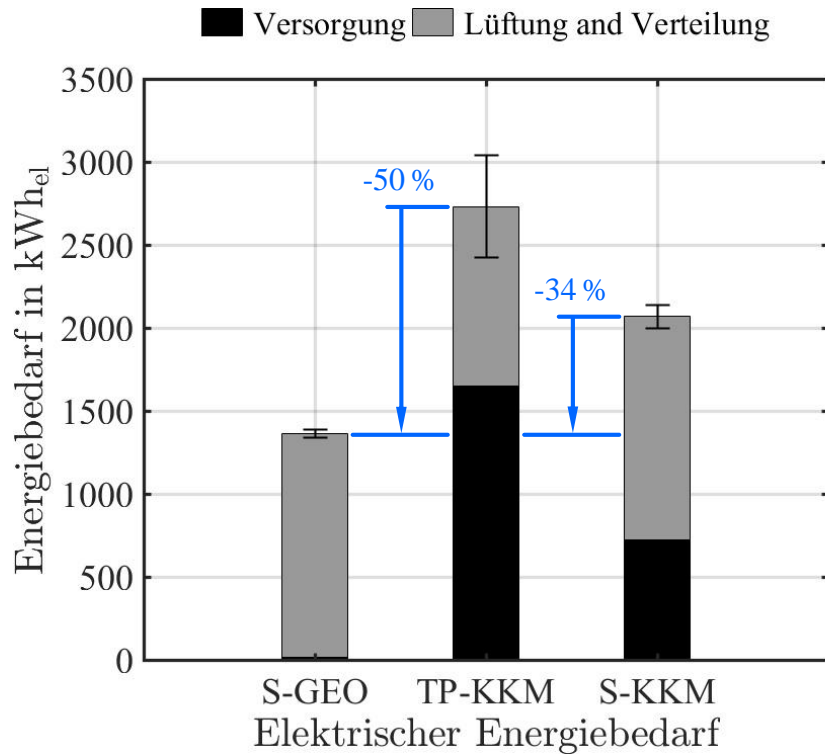


Gleiche Luftzustände

- Außenluftzustand
 - ZU-Wasserbeladung
 - Massenstrom
- Messdaten
- Versuchsanlage (S-GEO)

Periodenauswertung – Systemvergleich

Sommerbetrieb



Elektrischer Energiebedarf der Luftkonditionierung kann signifikant reduziert werden



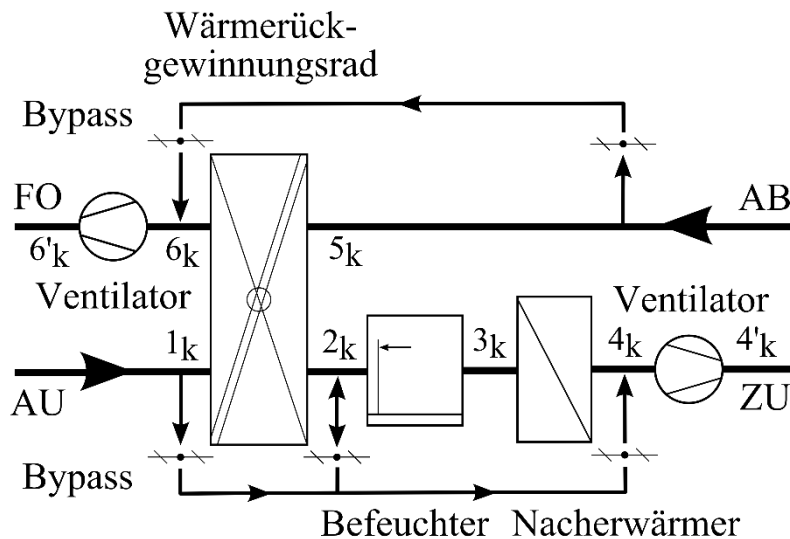
Zusätzlicher thermischer Energiebedarf muss berücksichtigt werden

Referenzsystem WP-AB

- Adiabate Luftbefeuchtung
- Elektrisch betriebener Sprühbefeuchter
- Rückwärmzahl: $\Psi = 0,75$

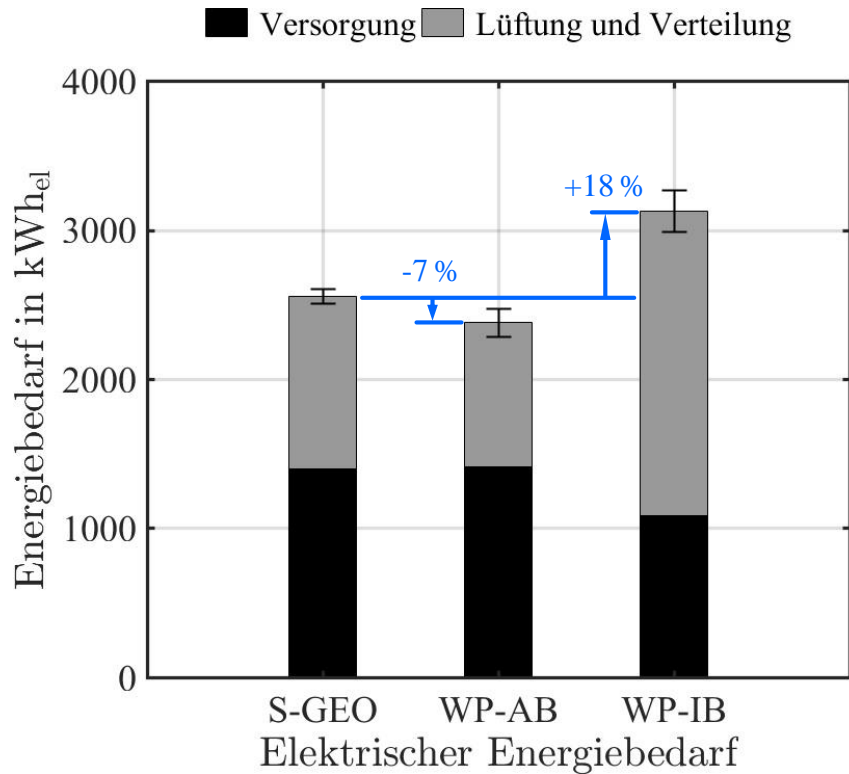
Referenzsystem WP-IB

- Isotherme Luftbefeuchtung
- Elektrisch betriebener Dampfbefeuchter
- Rückwärmzahl: $\Psi = 0,75$



Gleiche Luftzustände

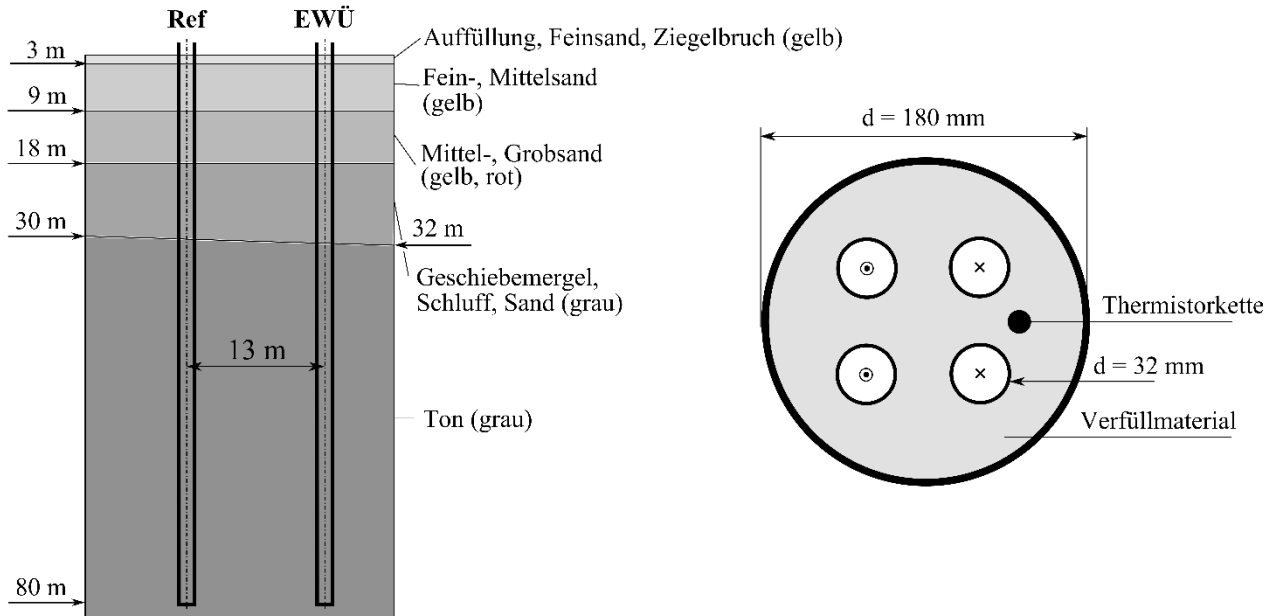
- Außenluftzustand
 - ZU-Wasserbeladung
 - Massenstrom
- Messdaten
Versuchsanlage
(S-GEO)



Energiebedarf für die Luftbefeuchtung kann signifikant reduziert werden

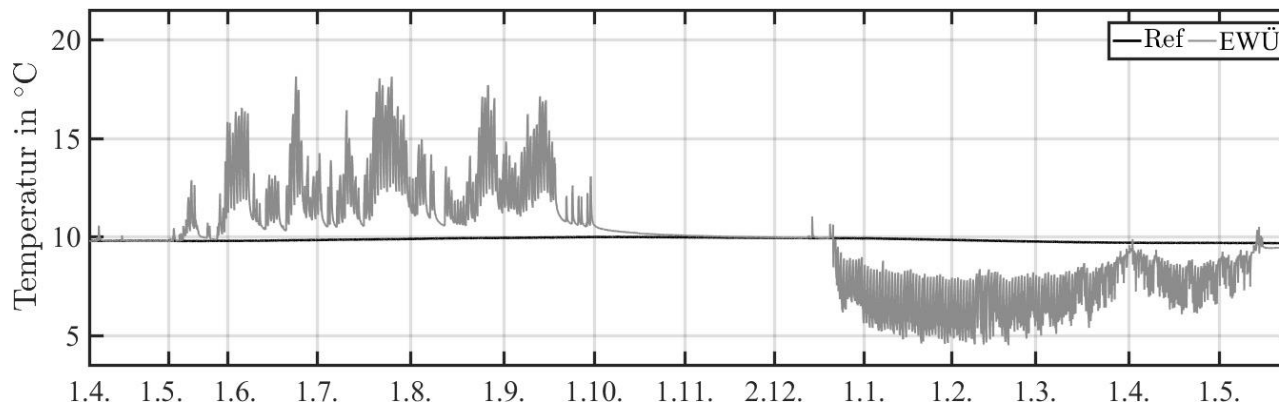


Kein zusätzliches technisches Equipment erforderlich



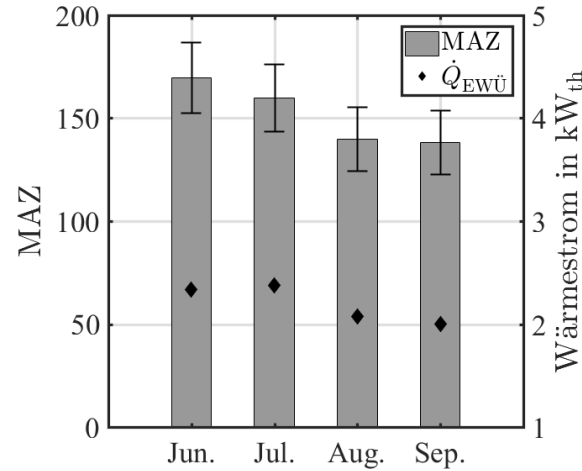
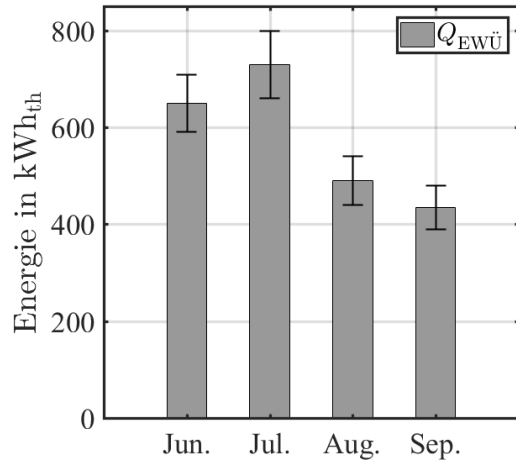
Eigenschaften

- Doppel-U-Rohr EWÜ
- Endteufe: 80 m
- Keine signifikanten Grundwasserströmungen



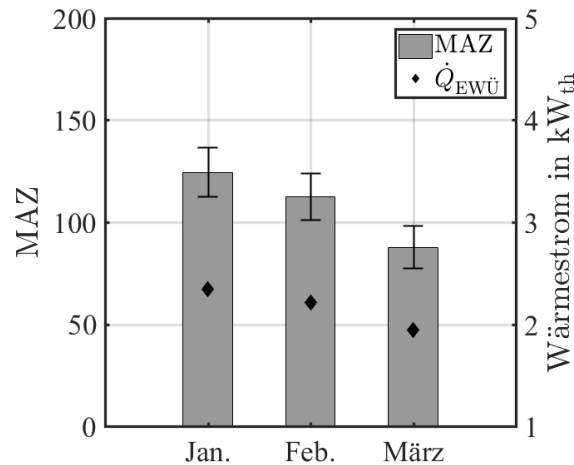
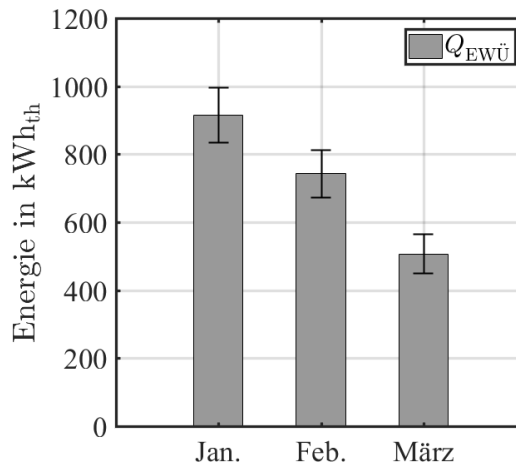
- Ausgeglichene Energiebilanz des Erdreichs
- Keine Beeinflussung des umliegenden Erdreichs

Geothermisches System – Systembewertung



$$MAZ = \frac{\int_m \dot{Q}_{EWÜ} d\tau}{\int_m P_{PU} d\tau}$$

$$SAZ = \frac{\int_p \dot{Q}_{EWÜ} d\tau}{\int_p P_{PU} d\tau}$$



$$SAZ_{So} = 153 \pm 15$$

$$SAZ_{Wi} = 110 \pm 11$$

$$SAZ_{WP} = 3$$

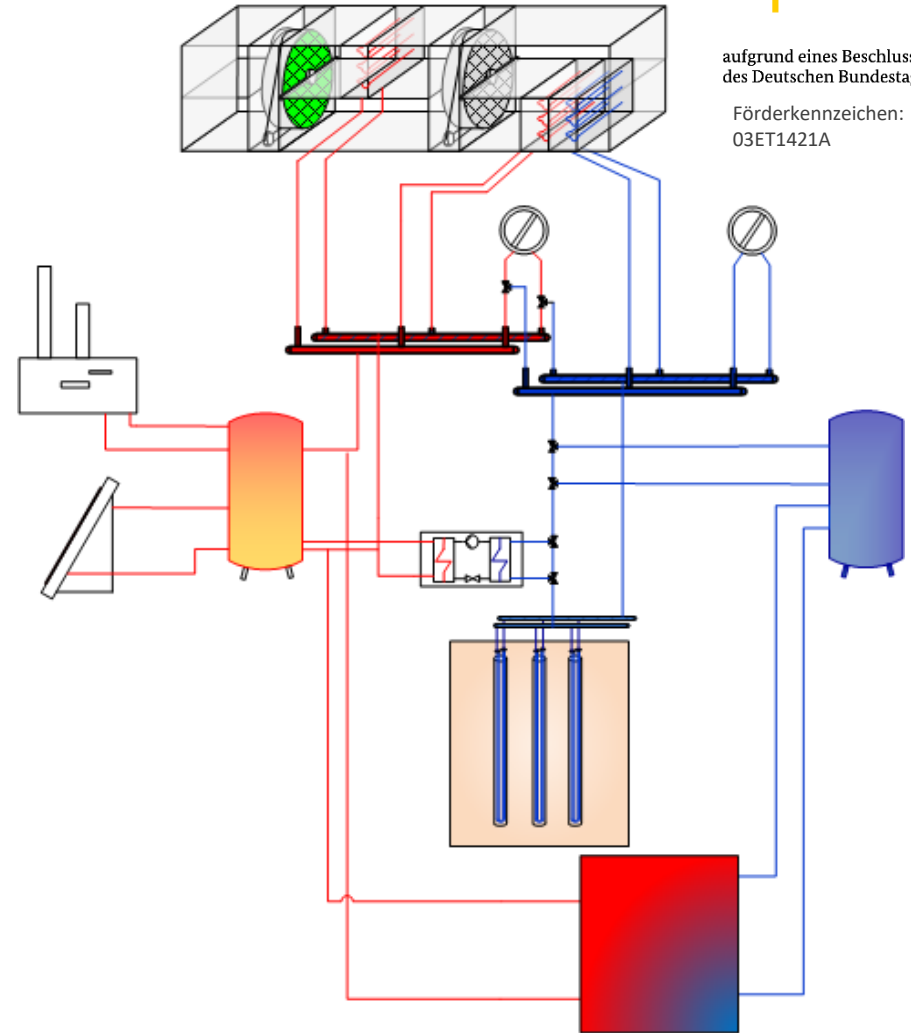
Zusammenfassung

- Experimentelle Untersuchung eines geothermisch- und sorptionsgestützten Klimatisierungssystems im Sommer- und Winterbetrieb
- Untersuchtes System erfüllt hohe Anforderungen an den Raumluftzustand
- Geothermisches System kann effizient während des gesamten Jahres betrieben werden
- Untersuchtes System ist energetisch vorteilhaft gegenüber konventionellen Klimatisierungssystemen

Ausblick

- Experimentelle und numerische Untersuchung alternativer Sorptionsmaterialien
- Aufbau eines numerischen Systemmodells mit Eignung zur Ganzjahressimulation
- Untersuchungen zu Möglichkeiten der Spitzenlastabdeckung, z.B. dynamisch betreibbare EWÜ, PCM
- Untersuchung der Übertragbarkeit des Systems auf große Einheiten unter Berücksichtigung des Flächenbedarfs erneuerbarer Wärmequellen und -senken

Zusammenfassung und Ausblick



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

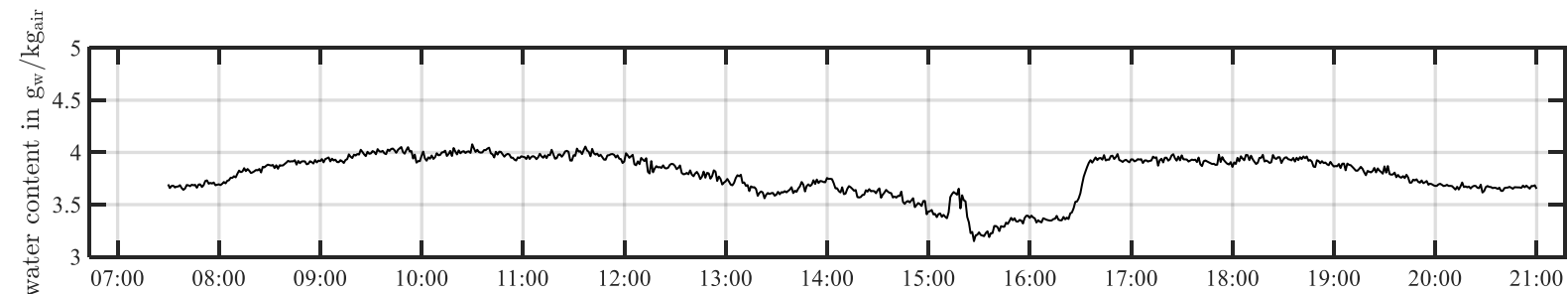
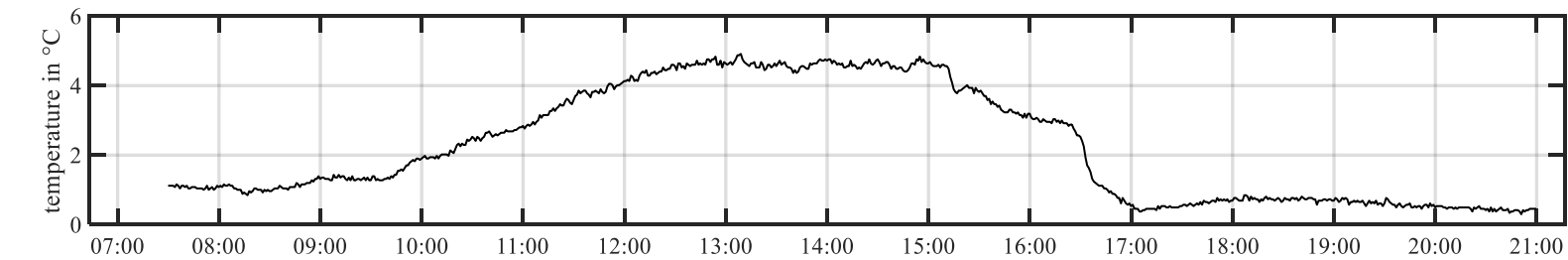
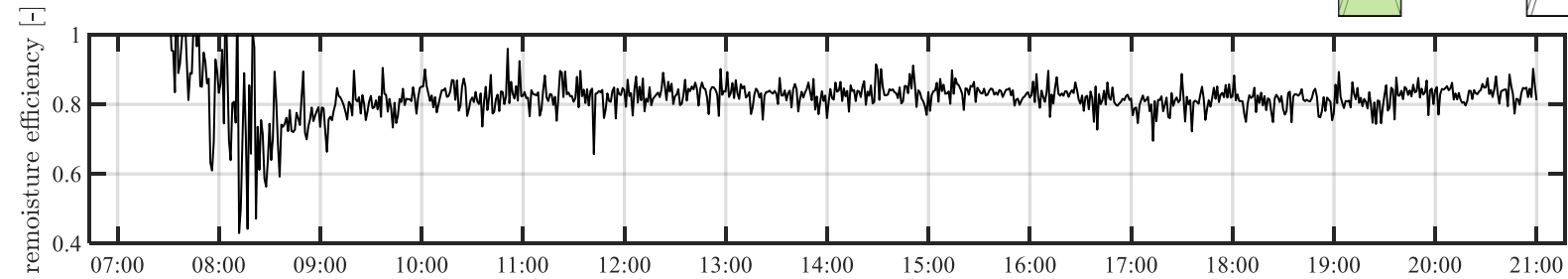
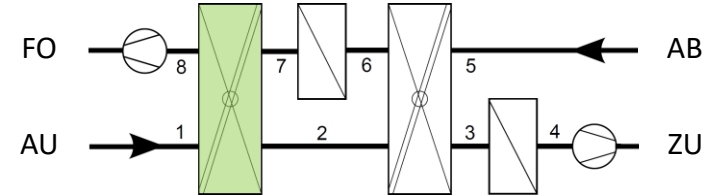
Förderkennzeichen:
03ET1421A

Messgröße		Sensortyp / Messprinzip	Messunsicherheit
Luft- und Wassertemperatur	t	Pt100 (Genauigkeitsklasse W 0.1)	$\pm 1/3 \cdot (0,3 + 0,005 \cdot t)$
Erdreichtemperatur	t	Thermistor	$\pm 0,5 \text{ K}$
Relative Feuchte	φ	Kapazitiver Feuchtesensor	$\pm 2 \% \text{ r. h. im Bereich } 10 \dots 90 \% \text{ r. h.}$
Volumenstrom (Luft)	\dot{V}	Wirkdruckmessung	$\pm 10 \%$
Volumenstrom (Wasser)	\dot{V}	Elektromagnetische Durchflussmessung	$\pm 0,5 \% \text{ v. Mw. } \pm 1 \text{ mm/s}$
Druckdifferenz	Δp	Keramik-Biegebalkentechnologie	$\pm 2 \% \text{ v. Ew. (Bereich: } 0 \dots 300 \text{ Pa \& } 0 \dots 1000 \text{ Pa)}$
Elektrische Leistung	P	AC Energiezähler	$\pm 2 \% \text{ v. Mw.}$

Anhang: Betriebsweisen Lüftungsanlage (1)

Winterbetrieb

Anlagenbetrieb mit Sorptionsrad
auf Basis von **Silikagel**



Anhang: Betriebsweisen Lüftungsanlage (2)

Winterbetrieb

Anlagenbetrieb mit Sorptionsrad
auf Basis von **Silikagel**

