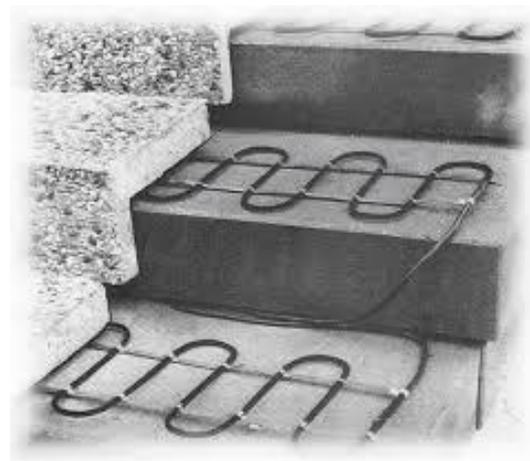


Energieeffiziente Beheizung von Oberflächen mit CO₂-Erdwärmesonden GERDI

Lars Staudacher, Peter Osgyan, Yannick Apfel



Motivation



Quelle:

https://www.google.de/search?q=elektrische+freifl%C3%A4chenheizung&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewiM5_uG6_ffAhXzAhAIHY1sBc0Q_AUIDygC&biw=1920&bih=923

https://www.google.de/search?q=Freifl%C3%A4chenheizung+Landeplatz&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewiAhpSp7_ffAhUL1RoKHSuGB2wQ_AUIDygC&biw=1920&bih=923

Motivation



- Großer Markt für Outdoor-Heizsysteme zur Schnee- und Eisfreihaltung (US\$ 4.59 billion 2016)
<https://www.zionmarketresearch.com/news/snow-melting-system-market>
- ca. 900-1400 MW neue Systeme pro Jahr (100-150 US\$/m²)
- meist mit konventioneller Energie betrieben, sehr oft mit elektrischen Widerstandsheizungen
- typische Betriebszeiten einige hundert Betriebsstunden (Eisenbahnweiche ≈ 400 h/a)
- Peak-Leistung ca. 200 – 1000 W/m² (ICE Weiche ≈ 50 kW, Fußballfeld ≈ 2000 kW)
- 100% regenerative Energie im Winter erfordert große Speicherkapazitäten, da Wind- und PV-Energie nicht immer verfügbar sind
- diese Systeme müssen zwingend versorgt werden - kritische Infrastruktur!



erdgekoppelte Heizsysteme vermeiden oder reduzieren die erforderliche Spitzenleistung erheblich und reduzieren die Netzlast und die Backup-Systeme

- Entwicklung von Oberflächenheizsystemen zur Eisfreihaltung, die direkt mit Wärme aus dem Untergrund und ohne zusätzliche Hilfsenergie mit einem CO2-Zweiphasenthermosyphon betrieben werden können.
- Die Technik soll mit Hilfe der geplanten Versuche und einem Auslegungsprogramm einen großen Schritt näher an eine Markteinführung heran gebracht werden und auf neue Anwendungsgebiete erweitert werden.

Konsortium

Wissenschaft



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung



Industrie



baugrund süd



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03ETW001A

Funktionsprinzip

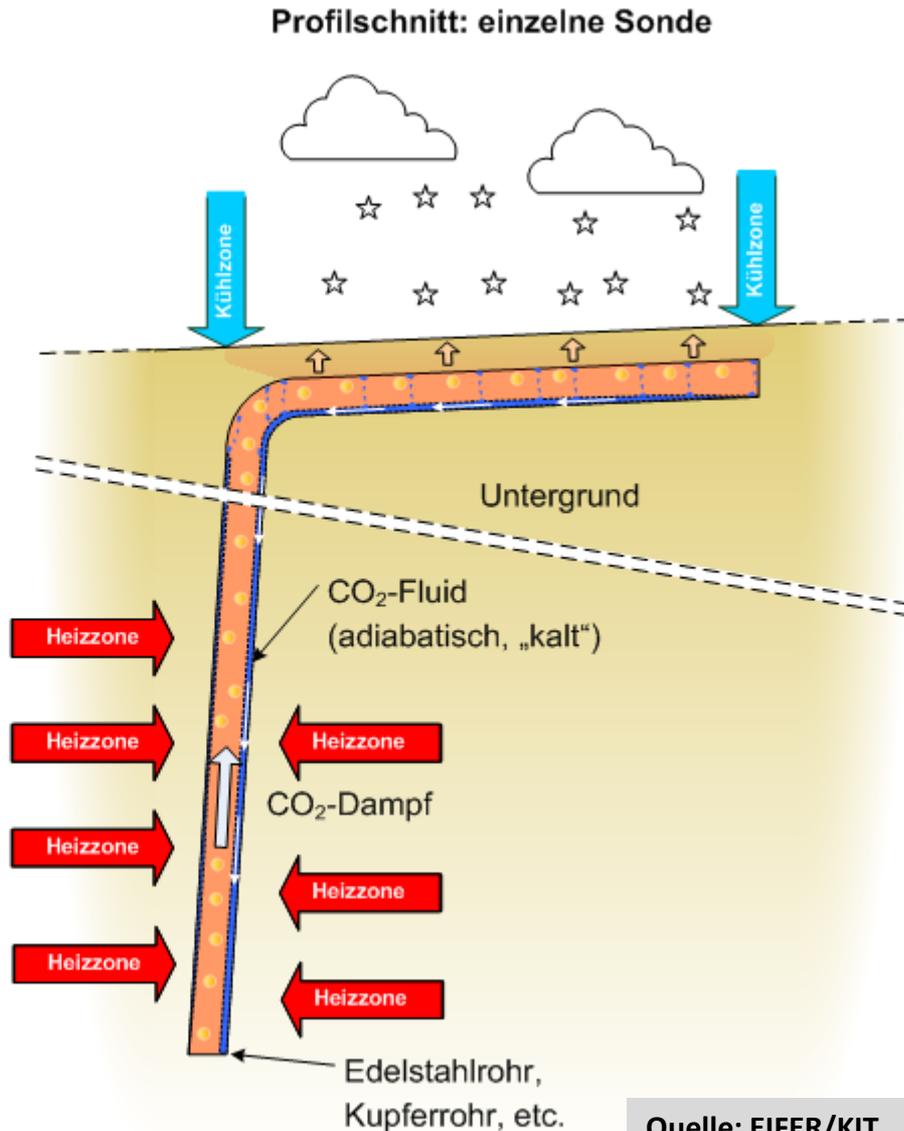
Vorteil:

keine Hilfsenergie erforderlich
(sonst ca. 100 - 200 kWh/m²a
bei ca. 300 - 600 Std./a)

Besonderheit:

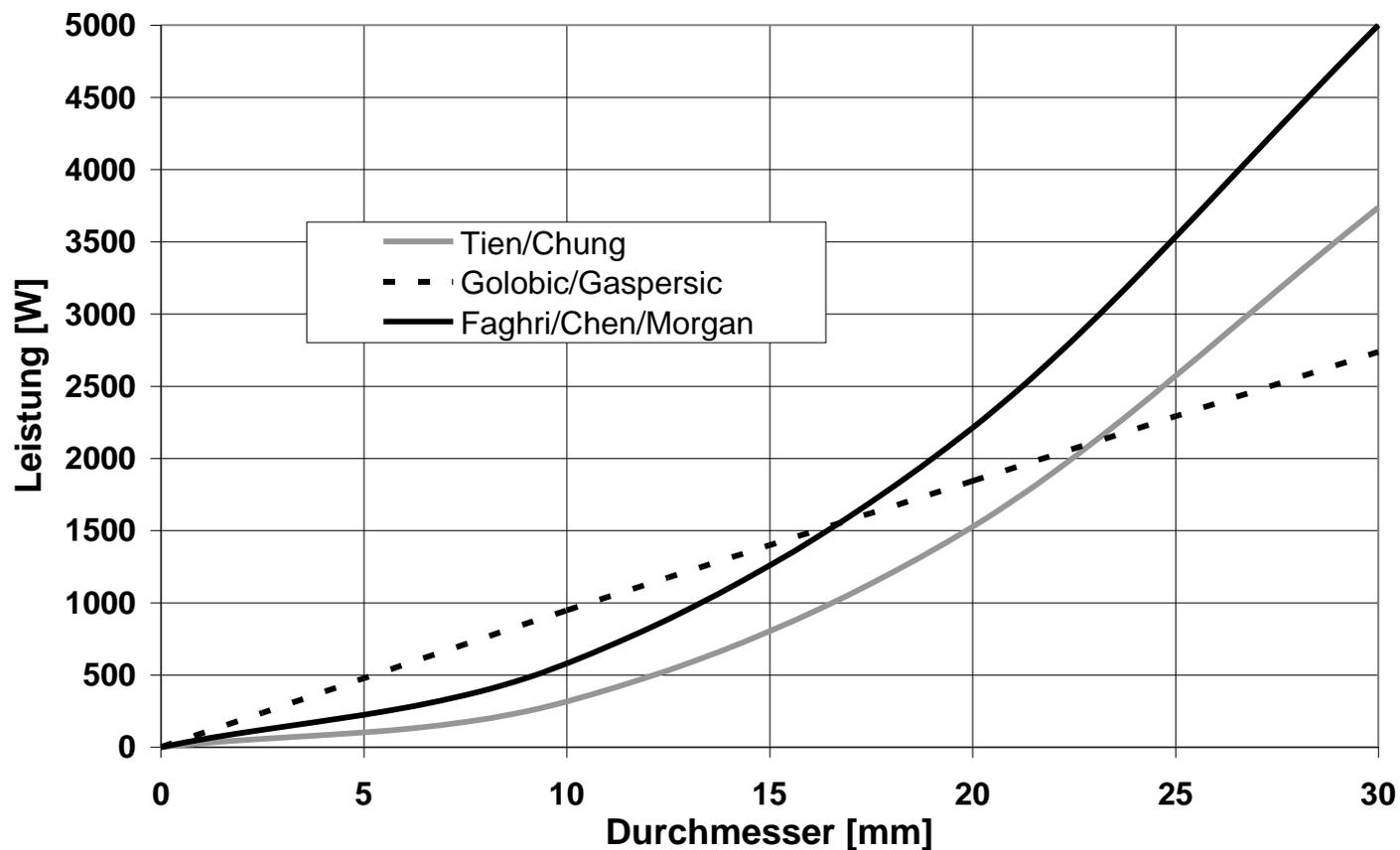
Lastprofil ist direkt an die
Wärmequelle gekoppelt!

Vorsicht bei der Auslegung!



Quelle: EIFER/KIT

Wechselwirkungsgrenze für CO₂ nach Peterlunger



A. Peterlunger, M. Ehrbar, Pumpenlose Erdwärmesonde, Phase 1, Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Energie der Schweiz, September 2006

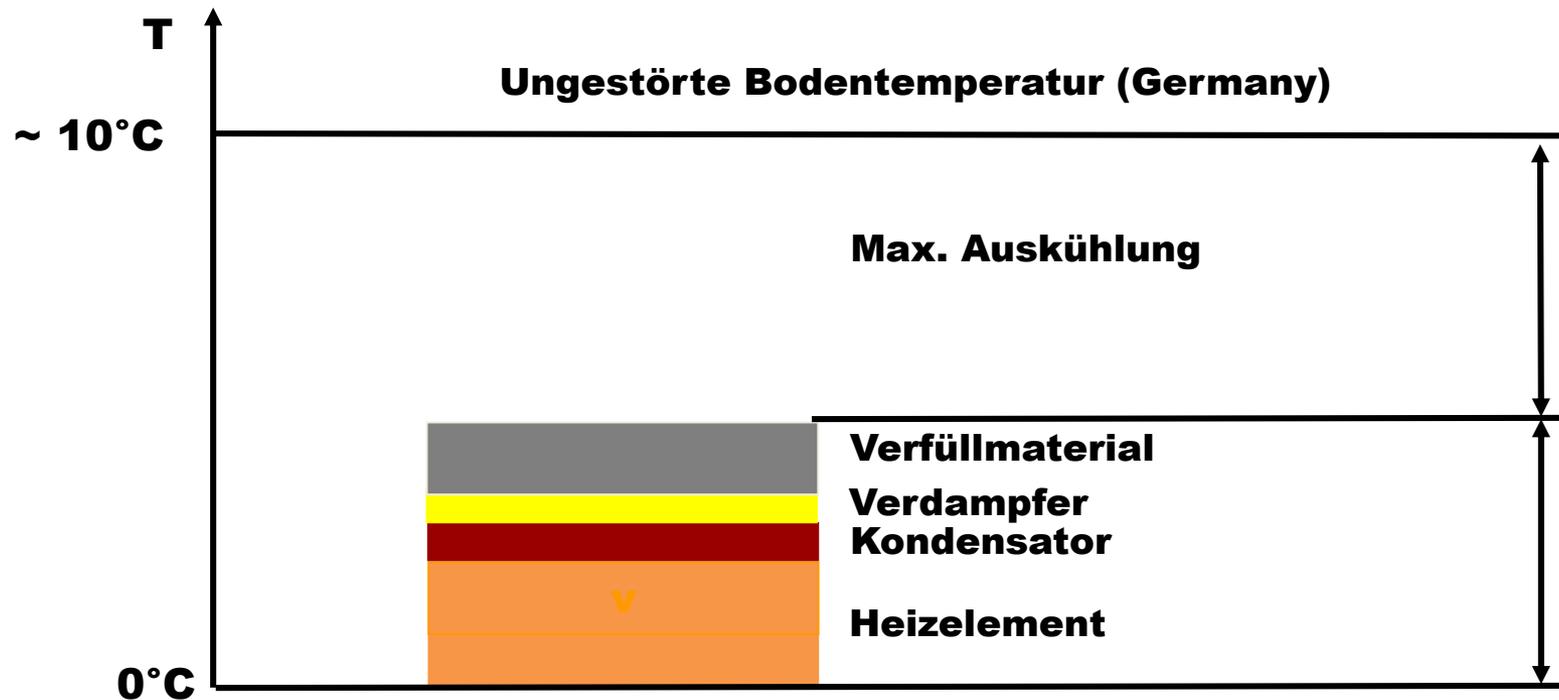
- AP1: Entwicklung von Flächenheizelementen für Low-Ex-Heizsysteme
- AP2: Untersuchungen zur Wärmeübertragung in einer CO₂ – Erdwärmesonde
- AP 3: Entwicklung eines Mehrsonden-Simulationsmodells mit CO₂-Erdwärmesonden für Oberflächenheizsysteme

AP1: Entwicklung von Flächenheizelementen für Low-Ex-Heizsysteme



- Experimentelle Untersuchung des Zweiphasensystems in geneigten Rohren - Entrainment in den Verbindungsleitungen
- Entwicklung von Fertigbeton-Oberflächenheizelementen
- Untersuchung der Wärmeübertragung an der Oberfläche und Erstellung von angepassten Lastmodellen
- Bau von zwei Demonstratoren

$$P \sim U * A * \Delta T \rightarrow \Delta T(P_{\max}) < 10 \text{ K}$$



Entwicklungsziel:

Geringe Temperaturdifferenz zur Übertragung der maximalen Leistung!

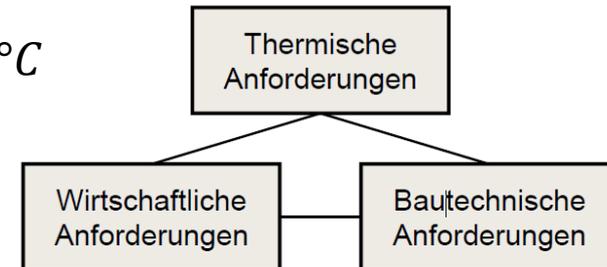
Anforderungen an das Heizelement



- Thermisch

- Mittlere Oberflächentemperatur $T_m > 0 \text{ }^\circ\text{C}$
- Leistungsdichte $\dot{q} = 200 - 300 \text{ W/m}^2$
- T-Feld möglichst homogen
- Betriebssicherheit

- Neigungswinkel Kondensatorrohre & Sammler $\alpha \geq 1^\circ$
- Minimaldurchmesser der Zuleitung nicht unterschreiten (Entrainment Limit)



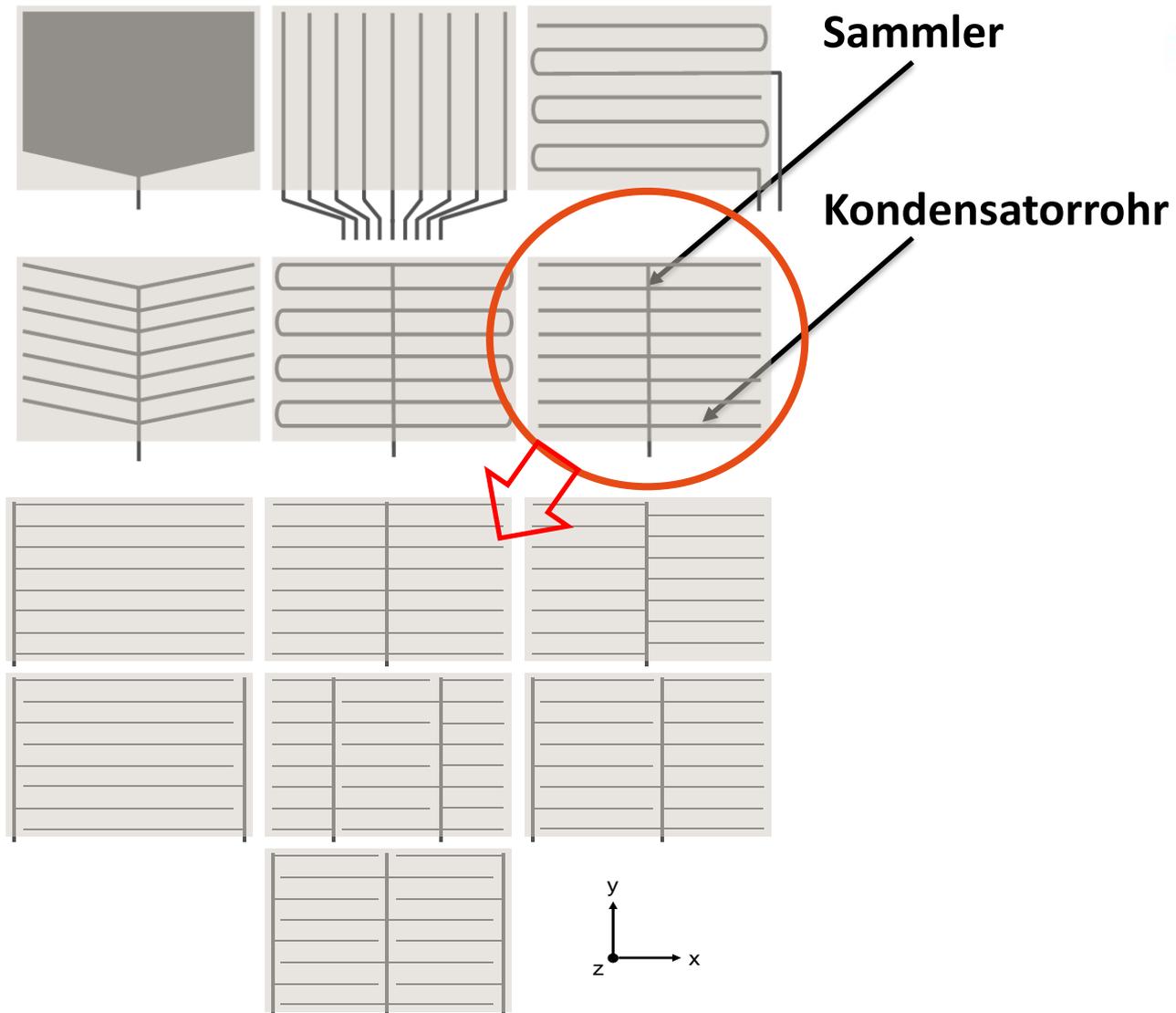
- Bautechnisch

- Mindestabstand Kondensator zu Oberfläche (Korrosionsschutz, Oberflächenbelastung)
- Platz für Bewehrungsschicht lassen (unten)

- Wirtschaftlich

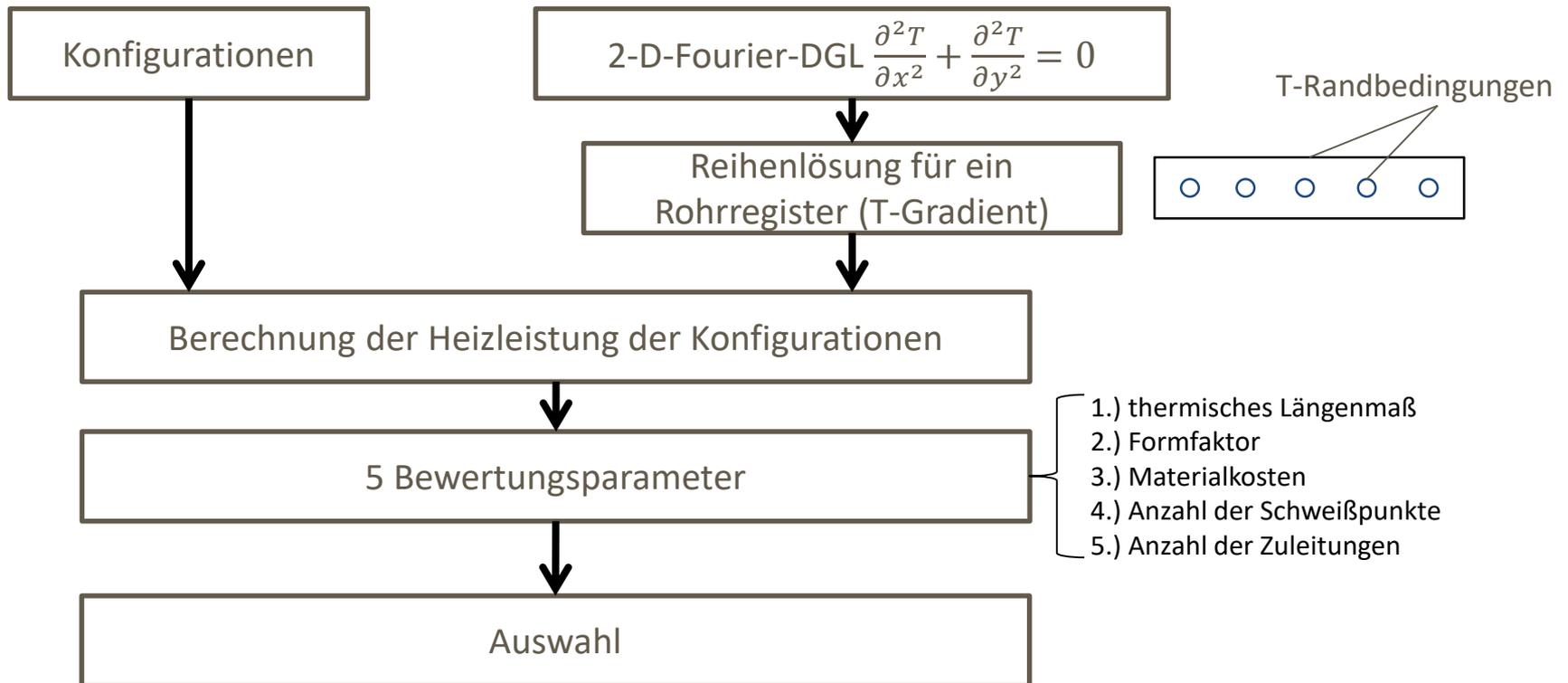
- Anzahl Gleichteile \uparrow
- Fertigungskomplexität \downarrow

Mögliche Konfigurationen der Kondensatorrohre

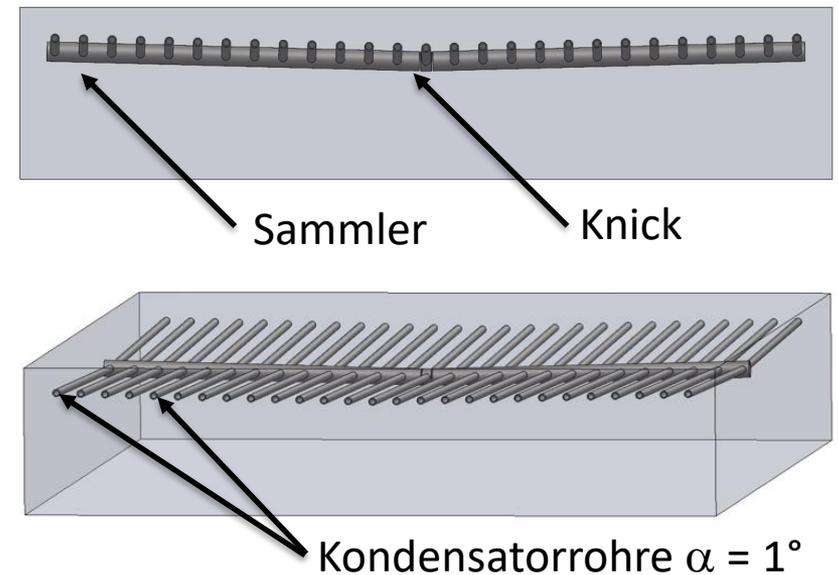


Welche Konfiguration ist am sinnvollsten?

Vorauswahl der Konfiguration



Ergebnis Vorauswahl Palmen-Konfiguration mit einer zentralen Zuleitung

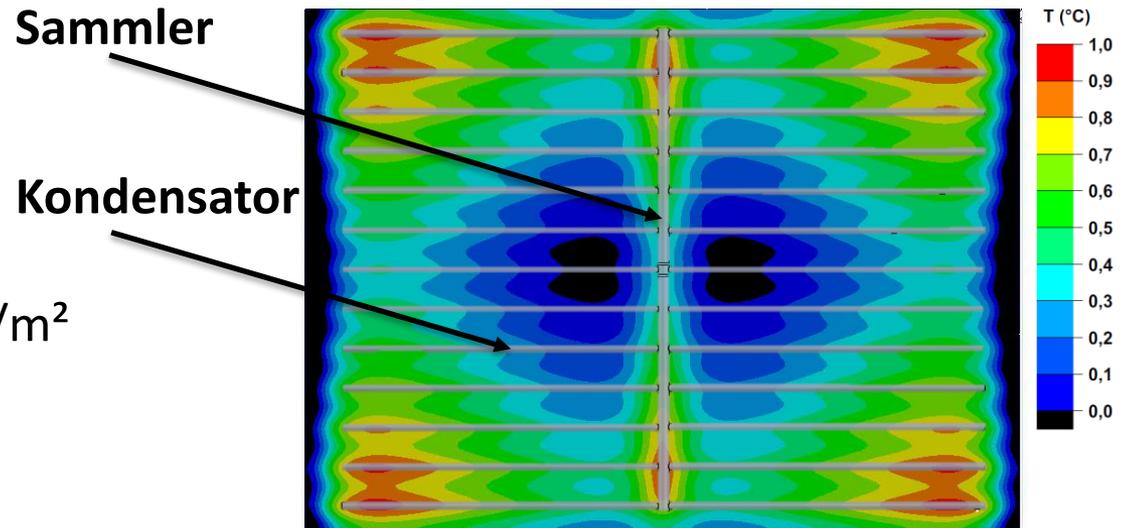


Vorteile

- relativ kurze Kondensatorrohre (kurzer Fließweg)
- geringer Materialverbrauch (1 Sammler)
- beste thermische Leistung der Konfigurationen mit einer Zuleitung

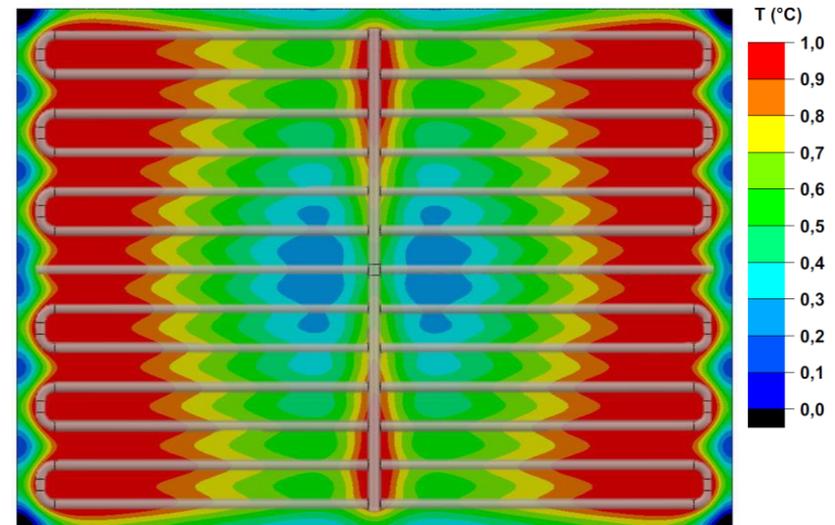
Basis Variante

- $\lambda_{\text{Beton}} = 2,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
 - $T_{\text{Rohr}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Flächenleistung = $250 \text{ W}/\text{m}^2$
- ⇒ $T_{\text{m}} = 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$

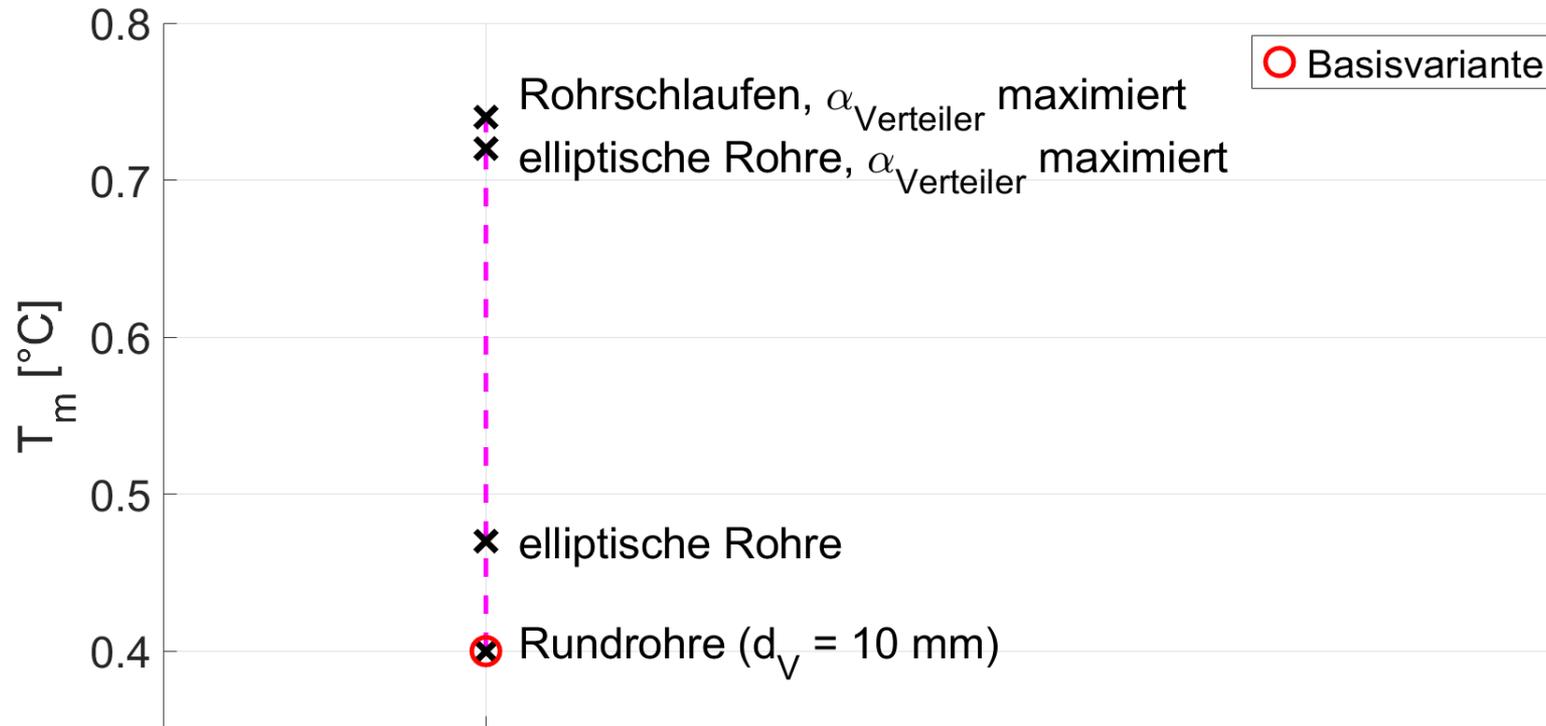


Optimierte Variante

- Elliptische Rohre (Achsen 14/6mm)
 - Winkel maximiert
 - Rohrschlaufen
- ⇒ $T_{\text{m}} = 0,74 \text{ }^\circ\text{C}$



Optimierung durch numerische Simulation



Basisvariante und Optimierungen, $\alpha = 1^\circ$

Ausblick AP1

- Bau und Labortest der Heizelemente



- 2 weitere Geometrien werden entwickelt (Treppe, Rampe)

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Lars Staudacher

Dipl.-Phys.

Solarthermie und Geothermie

Walther-Meißner-Str. 6 | 85748 Garching | Germany

T +49 89 329442-41

F +49 89 329442-12

lars.staudacher@zae-bayern.de

www.zae-bayern.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03ETW001A

