

Nutzung wärmerohrbasierter CO₂-Erdsonden am Beispiel eines Schnee- und Eisfreihaltungssystems.

Thursday, 13 October 2011

Presentation of R. Zorn, H. Steger, P. Orywall & Th. Kölbl

Dr. Roman Zorn

roman.zorn@eifer.org

European Institute
for Energy Research (EiFER/KIT)

Dr. Hagen Steger

hagen.steger@kit.edu

Institut für Angewandte
Geowissenschaften (AGW/KIT)

Dr. Thomas Kölbl

t.koelbel@enbw.com

HOL TF
Energie Baden Württemberg AG

Pia Orywall

p.orywall@enbw.com

HOL TF
Energie Baden Württemberg AG



Definition, heat pipe

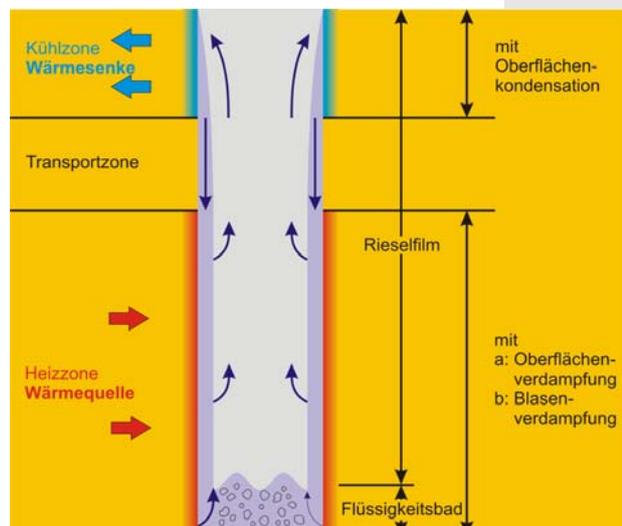
Bei einer Heat Pipe handelt es sich um eine Selbstlaufende Pumpe in Form eines in sich geschlossenen Rohres, in welchem Wärme von einem Ort zu einem anderen transportiert werden kann. Entscheidend dabei ist der Phasenwechsel zwischen Flüssig- und Dampfphase. Unterscheidung Konvektions- (Gravitation, z. B. Erdsonde) und Kapillarwärmerohr (Schwereelosigkeit).

Gebräuchliche Begriffe für ein Konvektionswärmerohr:

- > heat pipe
- > Gravitationswärmerohr
- > Thermosyphon

Anwendungsbereiche:

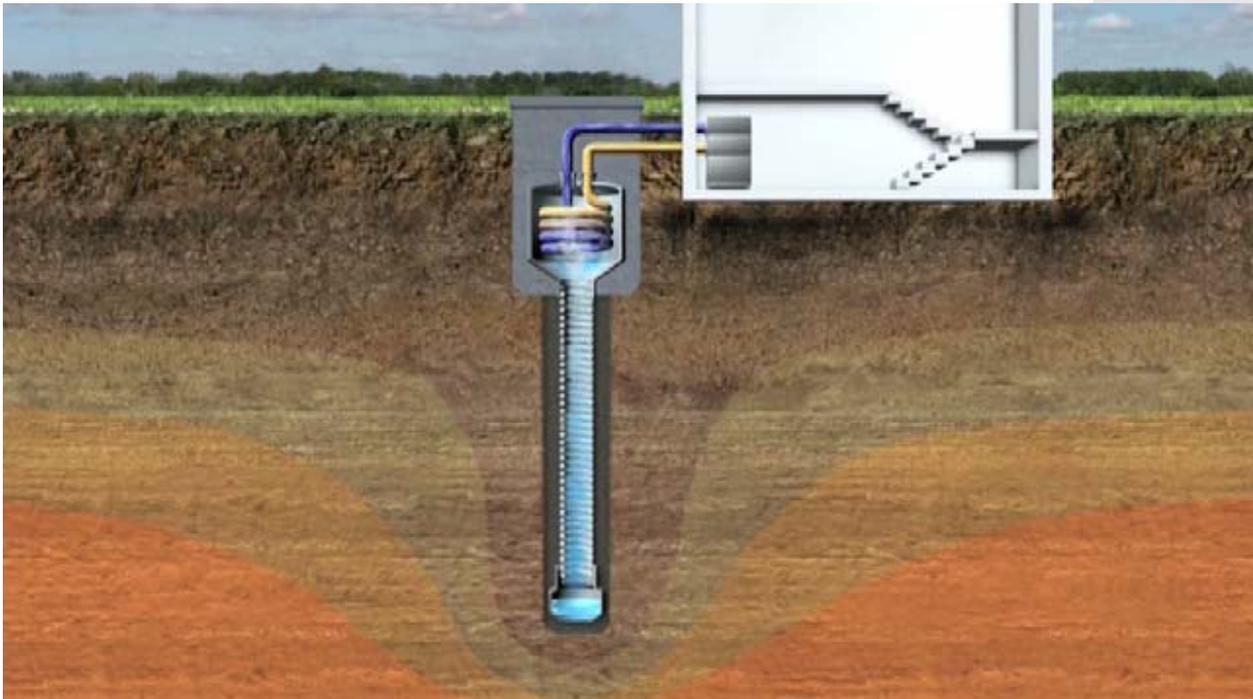
- > Raumfahrt
- > Satellitentechnik
- > Wärmetauschersysteme (allotherme Holzvergasung)
- > Mikroelektronikkühlung (z. B. in modernen Handys oder in Computern)
- > Erdsonden (Wärme, Gründung)



EnBW

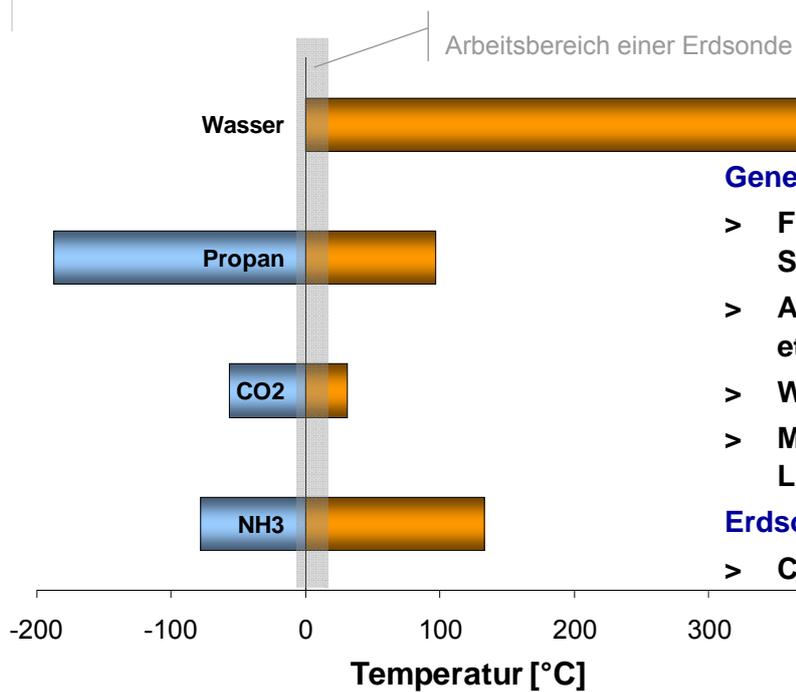


Wärmerohr als Erdsonde, Prinzip



3

Temperaturbereiche verschiedener Arbeitsmittel:



Generell (abhängig ΔT)

- > Flüssiggase (Helium, Stickstoff, etc.)
- > Alkohole (Methanol, Ethanol, etc.)
- > Wasser
- > Metalle (Quecksilber, Natrium, Lithium, Aluminium, etc.)

Erdsonde:

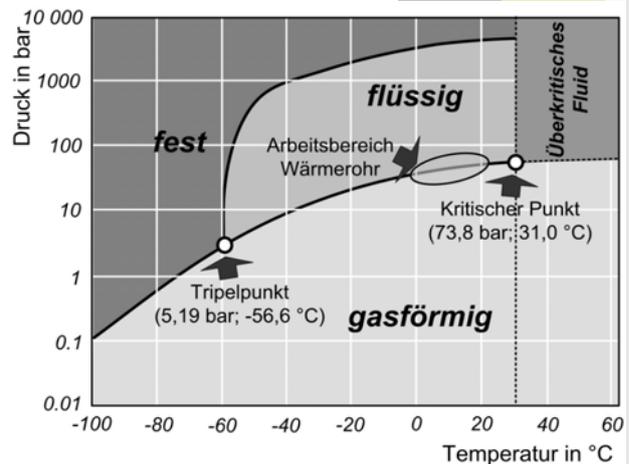
- > CO₂, Propan, NH₃

4



CO₂ Phasendiagramm

CO₂ ist ideal als Arbeitsmittel geeignet, da die Phasenumwandlung von CO₂ im Bereich der Untergrund und bzw. Oberflächentemperaturen zwischen ca. -5 bis +20°C (bei ~ 40 bar) ideal ist.



Vorteile:

- > Keine Pumpe für den Solekreislauf wird benötigt
- > Sehr hohe Umweltverträglichkeit (kein Frostschutzmittel wird benötigt),
- > Hohe Wärmestromdichte (bis ca. 40 W/cm² einkoppelbarer Wärmestrom)
- > geringere thermische Widerstände (hohe Wärmeleitfähigkeit, etc.)
- > **Prinzipiell höhere Wirkungsgrade sind zu erwarten**

5



Typische Wärmerohrmaterialien

- > Kupfer
- > Kupfer-Bronze
- > Aluminium
- > Stahl
- > Nickel-Basis-Legierungen
- > Kohlenfaser (selten)

z. B. Stahlrohr

Verwendung
Als Metallrohr (z. B. Stahl, Aluminium) oder in beschichteten Gewebeschläuchen (z. B. Kupfer)

Anforderungen

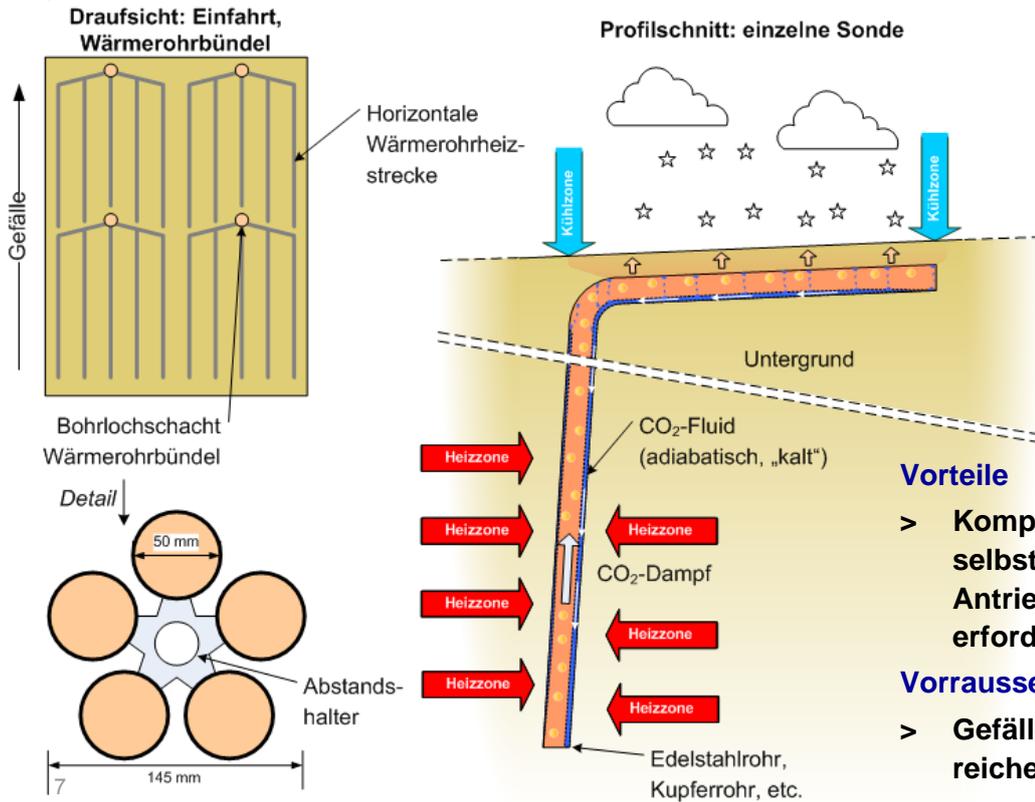
- > flexibel
- > druckfest
- > korrosionsbeständig



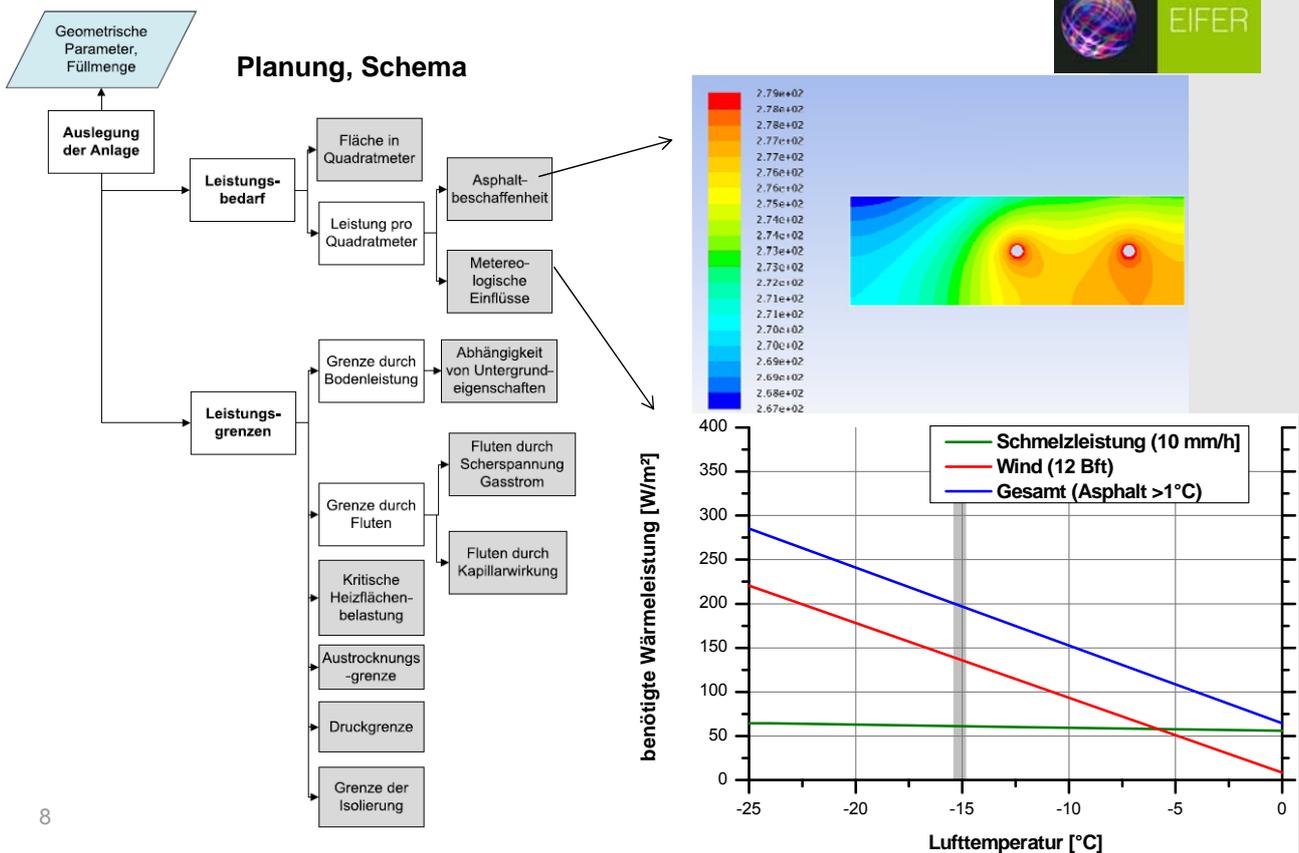
6



Schnee- und Eisfreihaltung mit Wärmerohren



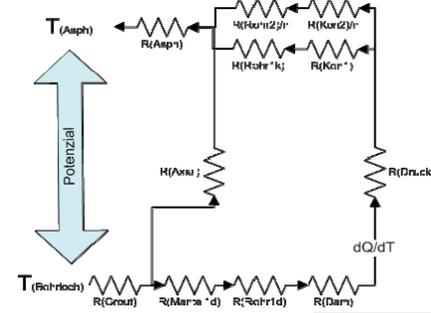
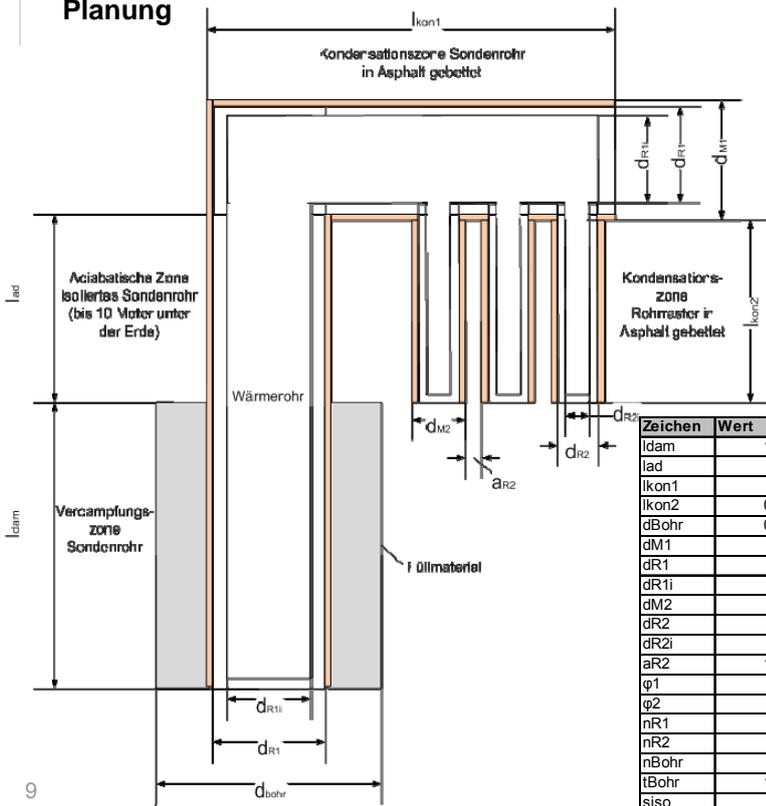
Schnee- und Eisfreihaltung mit Wärmerohren





Schnee- und Eisfreihaltung mit Wärmerohren

Planung

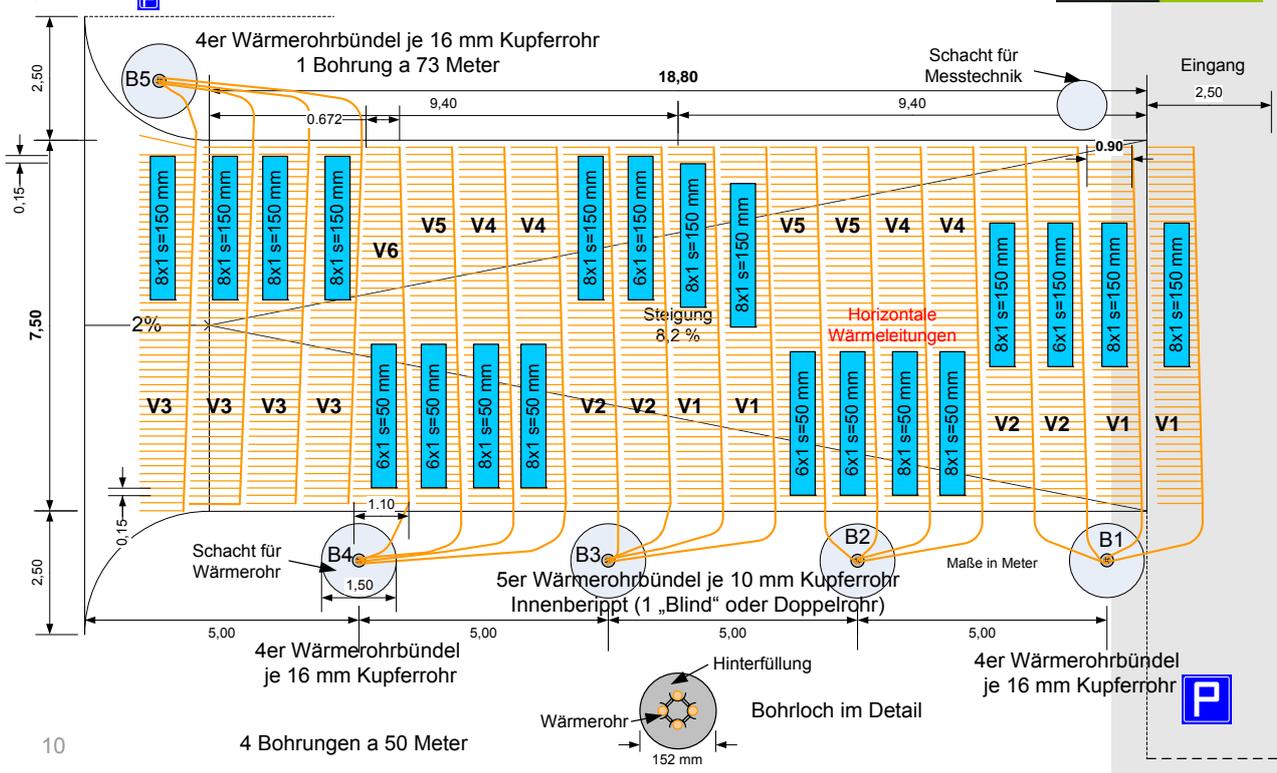


Zeichen	Wert	Einheit	Bezeichnung
l _{dam}	174.2	m	Länge des Sondenrohrs in Verdampfungszone
l _{ad}	20.0	m	Länge des Sondenrohrs in adiabatischer Zone
l _{kon1}	10.0	m	Länge des Sonden- /Verteilerrohrs in Kondensationszone
l _{kon2}	0.541	m	Länge der Rasterrohre in Kondensationszone
d _{Bohr}	0.152	m	Außendurchmesser des Bohrlochs
d _{M1}	27.6	mm	Außendurchmesser Sondenrohrmantel
d _{R1}	25.6	mm	Außendurchmesser des Sonden- /Verteilerrohrs
d _{R1i}	22.1	mm	Innendurchmesser des Sonden- /Verteilerrohrs
d _{M2}	5.8	mm	Außendurchmesser Rasterrohrmantel
d _{R2}	3.8	mm	Außendurchmesser der Rasterrohre
d _{R2i}	3.2	mm	Innendurchmesser der Rasterrohre
a _{R2}	100.0	mm	Abstand der Rasterrohre im Asphaltbett
φ ₁	2.0	°	Inklnationswinkel Rasterrohr
φ ₂	2.0	°	Inklnationswinkel Sonden- /Verteilerrohrs im Asphaltbett
n _{R1}	4		Anzahl der Sondenrohre pro Bohrung
n _{R2}	72		Anzahl der Rasterrohre pro Raster
n _{Bohr}	6		Anzahl der Bohrungen
t _{Bohr}	179.2	m	Tiefe der Bohrungen
siso	13.4	mm	Isolierdicke (Wanddicke Isolierschlauch)



CO₂ Heat pipe Projekt, Bad Waldsee

Plan, ausgelegt für ca. 150 W/m²



CO₂ Heat pipe project, Bad Waldsee

Installation, Straßenbelag

EnBW



EIFER

vor Nivellierung



nach Nivellierung



11

CO₂ Heat pipe project, Bad Waldsee

Bohrung, Messtechnik

EnBW



EIFER

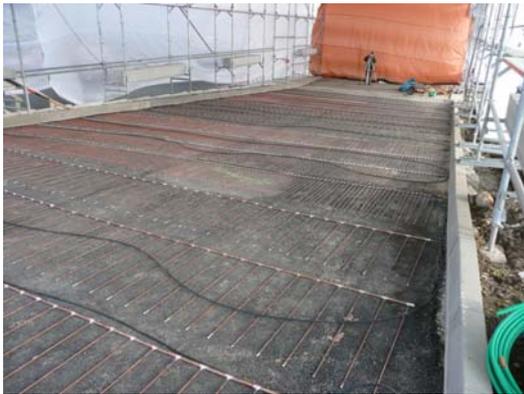


12

CO₂ Heat pipe project, Bad Waldsee



Installation

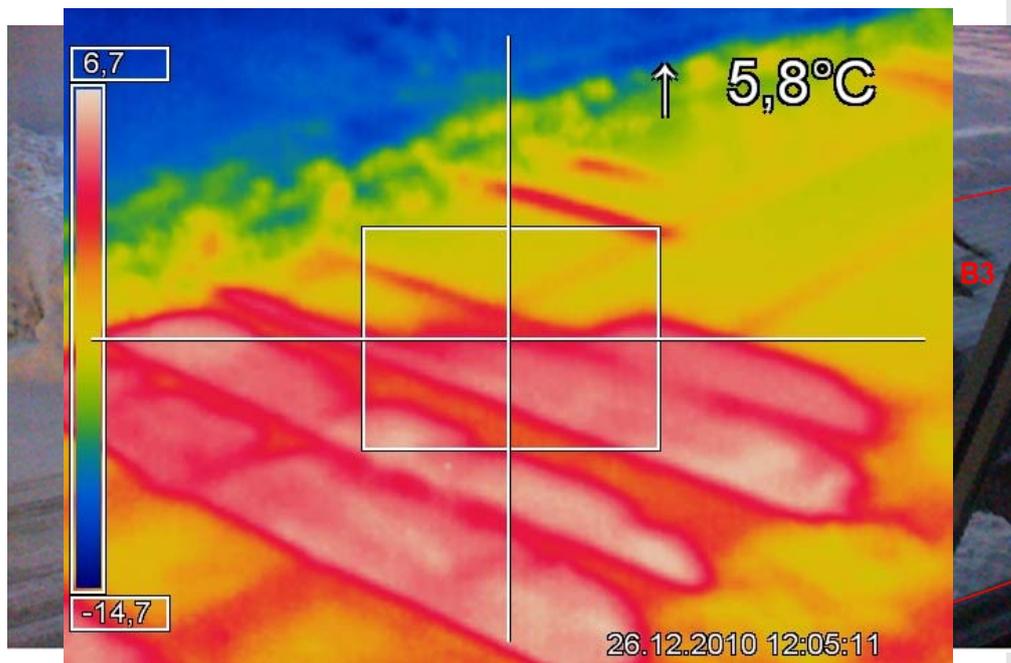


13

Winterzyklus 2010/2011



Ergebnisse



14

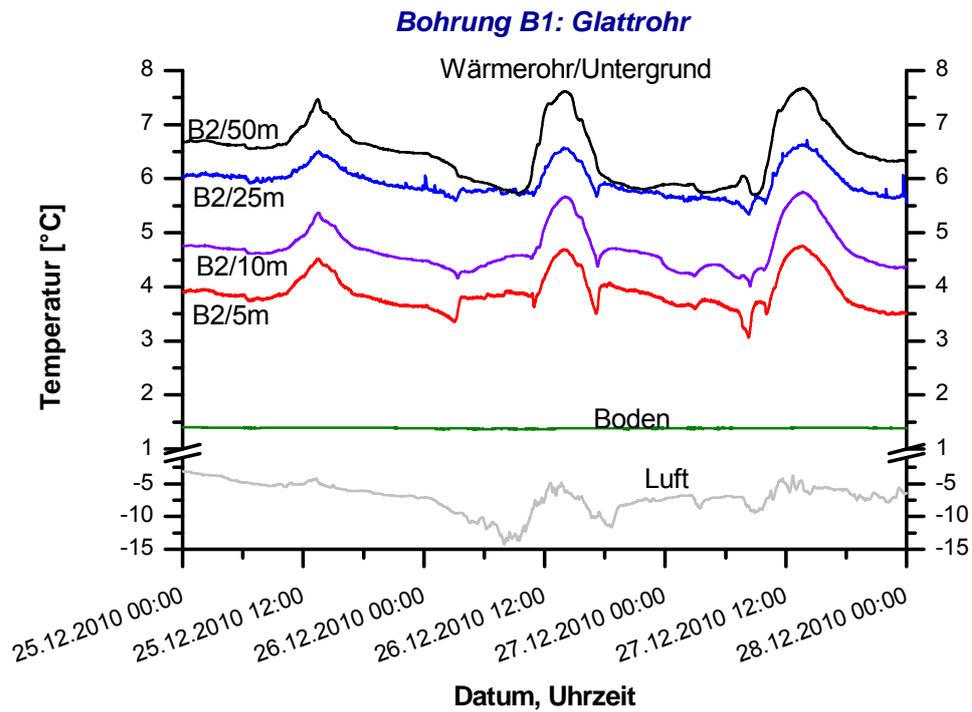
Winterzyklus 2010/2011

Ergebnisse, T-Messungen

EnBW



EIFER



15

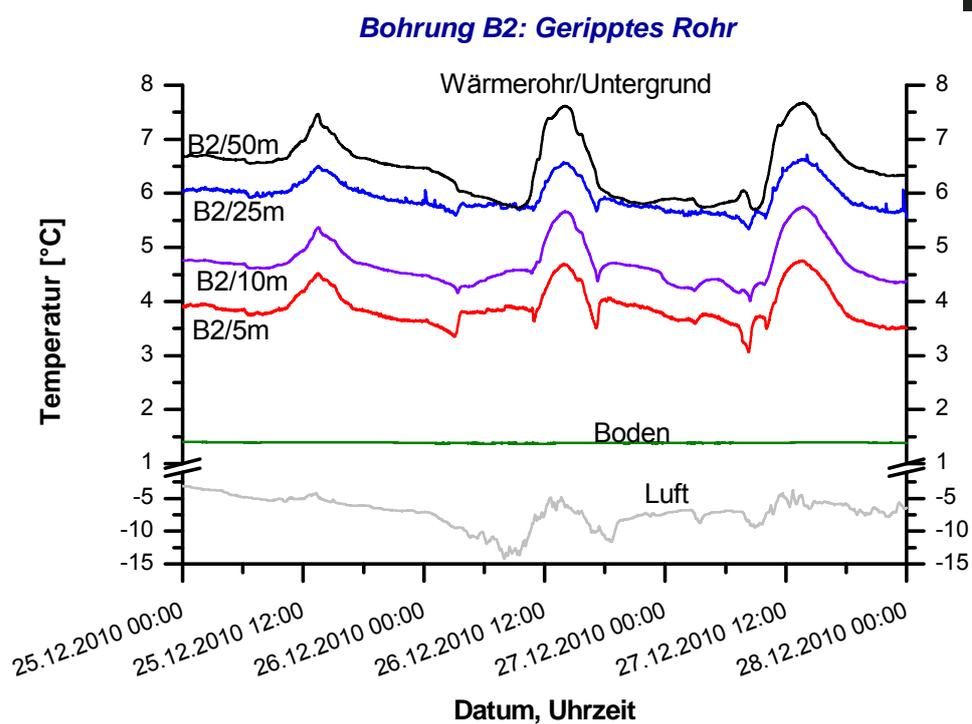
Winterzyklus 2010/2011

Ergebnisse, T-Messungen

EnBW



EIFER



16

Winterzyklus 2010/2011

WEBCAM-Film

EnBW



EIFER



17

Winterzyklus 2010/2011

Bilder

EnBW



EIFER



Quelle: EnBW AG

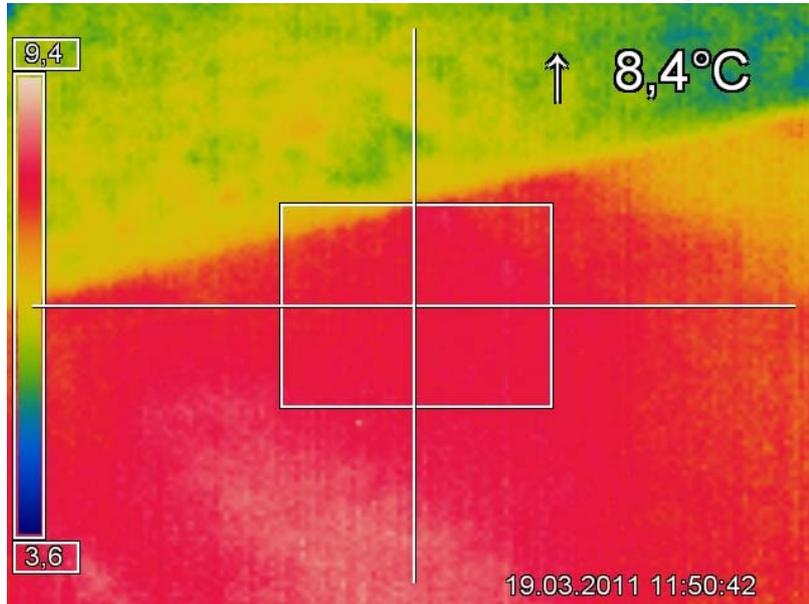
18



Optimierung

Isolierung der Schächte und Zuleitungen

Wärmebild nach Isolierung (bei starker Bewölkung)



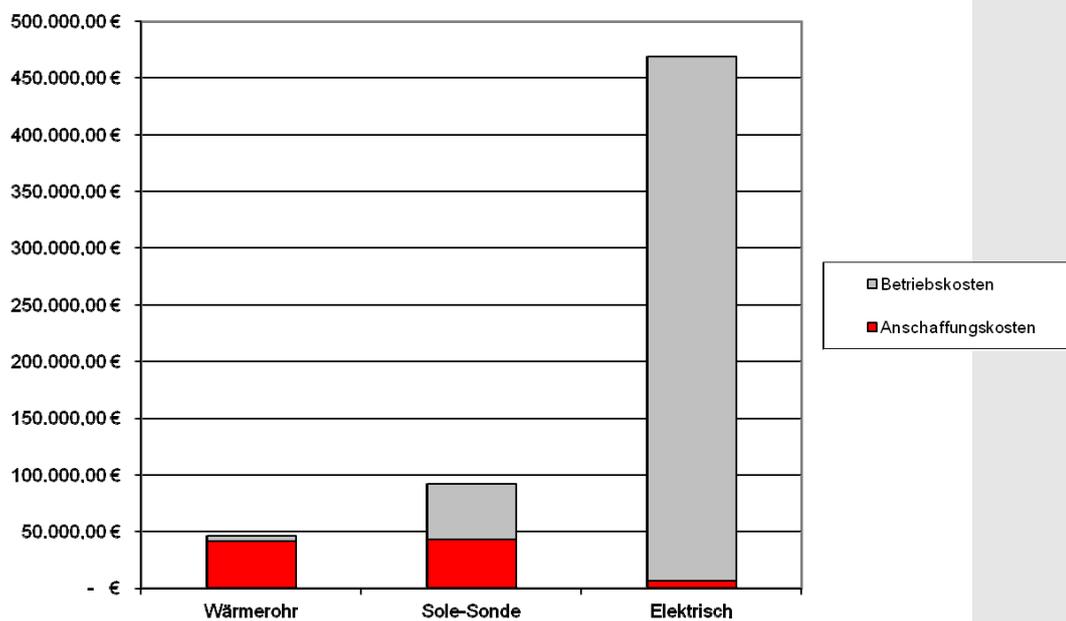
Isolierarbeiten



Kosten

Fall 100 m²

LCC Positionen: 30 Jahre ND

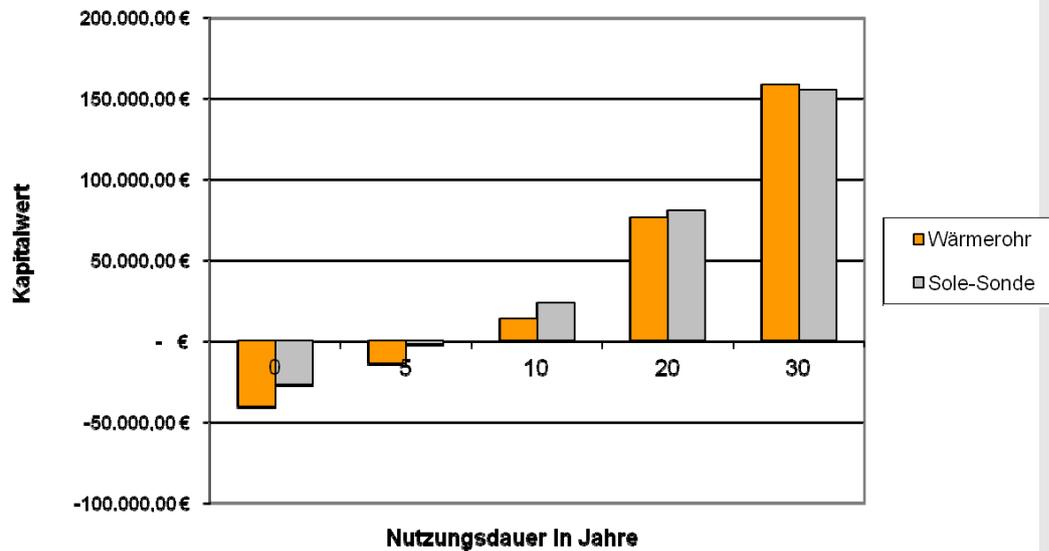




Kosten

Fall 100 m²

Kapitalwert zu einer elektrischen Flächenheizung (100 m²)



21



Perspektiven

Einsatzgebiete

- > Brücken (besonders interessant, da Brücken aufgrund ihrer Exposition schneller als Strassen vereisen)
- > Einsatz bei Strassen (insbesondere bei Gefälle, gefährlichen Kreuzungen)
- > Weitere Parkflächen, Einfahrten (insbesondere Feuerwehrgebäude, Krankenhaus, Polizeieinfahrten, Flugplätze, etc.)
- > Bahnsteige, Weichen, etc.

Hinweis:

Projekt PIA-Therm: Umweltinerte, emissionsfreie und autarke Niedertemperaturweichenheizung (Fkz:0327446B, Vortrag Biberacher Geothermietag, 1. & 2. Dezember 2011)



Anmerkung:

Heizsysteme zur Schnee- und Eisfreihaltung sind reine Niedertemperaturanwendungen. Die Anwendung hochwertiger Energie in Form von Strom ist nicht sinnvoll und sollte, wo möglich, durch andere, effizientere Techniken substituiert werden. In der Schweiz ist deshalb die direkte Nutzung fossiler Energie oder von Strom zur Beheizung von Außenflächen gesetzlich verboten.

22

Danksagung



Das Vorhaben wird von EnBW Baden Württemberg AG, Hol FE&D, Karlsruhe finanziert. Zudem möchten wir der Heidelberg Zement AG für die kostenlose Bereitstellung eines frostsicheren Hinterfüllmaterials und den Wieland Werken AG für die Herstellung und Lieferung der Kupferrohre danken (namentlich Herrn Wölflik). Ferner danken wir der Stadt Bad Waldsee (namentlich Stadtbaumeisterin Frau Denzel) für die zur Verfügung gestellte Feuerwehrrampe. Für die fachliche und auch persönliche Unterstützung des Vorhabens gilt ein besonderer Dank Herrn Alois Jäger von der BauGrund Süd Gesellschaft für Geothermie mbH und Herrn Kiwatsch des elger Architekturbüros.

Projektbeteiligte:



BauGrund Süd
Gesellschaft für Geothermie mbH

Wieland