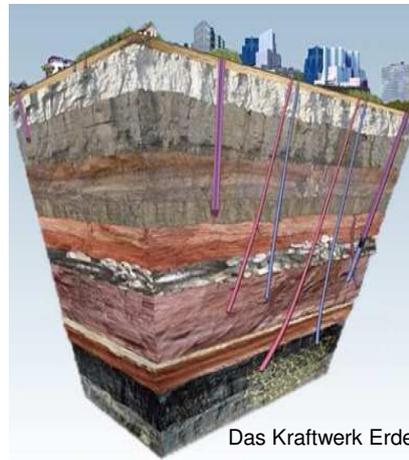


# Geothermie eine nachhaltige Energienutzung?!

Prof. Dr. Simone Walker-Hertkorn

HOCHSCHULE  
DEGGENDORF  
UNIVERSITY **HDU**  
MASCHINENBAU UND MECHATRONIK

  
Wissenschaftszentrum  
STRAUBING

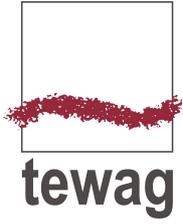
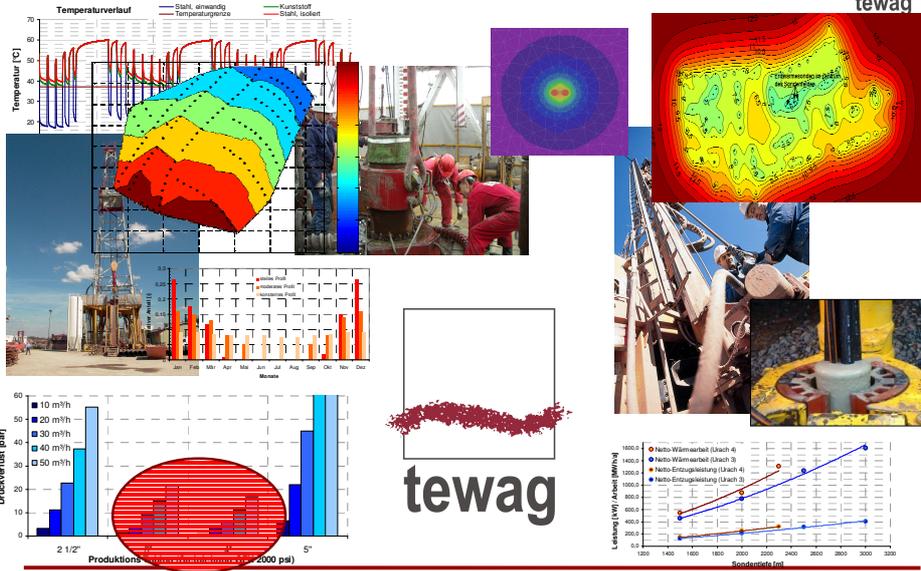


Das Kraftwerk Erde

## Inhalte

- Vorstellung
- Grundlagen zur Erdwärmenutzung
- Projektablauf
  - Vorprüfungen/Genehmigung
  - Planung – Bemessung gemäß VDI 4640  
(Stand der Richtlinie VDI 4640, Thermische Nutzung des Untergrundes)
  - Thermal-Response Test
  - Ausführungsplanung / Hydraulische Betrachtungen
- Beispiele

## Wer bin ich !?!



## Nachhaltigkeit!



„Die Gemeinsamkeit aller Nachhaltigkeitsdefinitionen ist der Erhalt bzw. bestimmter Charakteristika eines Systems, sei es die Produktionskapazität des sozialen Systems oder des lebenserhaltenden ökologischen Systems.“

Es soll also immer etwas bewahrt werden zum Wohl der zukünftigen Generationen.“

Quelle: Bernd Klauer: Was ist Nachhaltigkeit? 1999

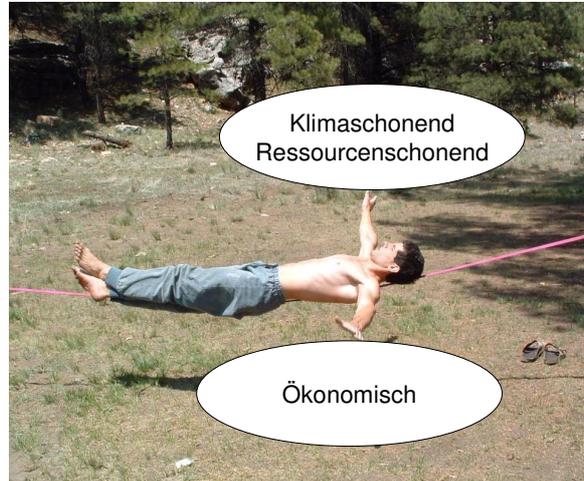


Eine zentrale Frage im 21. Jahrhundert



## Nachhaltige Energiesysteme

- **Klimaschonend**
  - Niedrige Emission
- **Geringe Umweltbelastung**
- **Ressourcenschonend**
  - Reduzierter Primärenergiebedarf
- **Ökonomisch**
  - Sichere Versorgung
  - bezahlbar



Eine zentrale Frage im 21. Jahrhundert



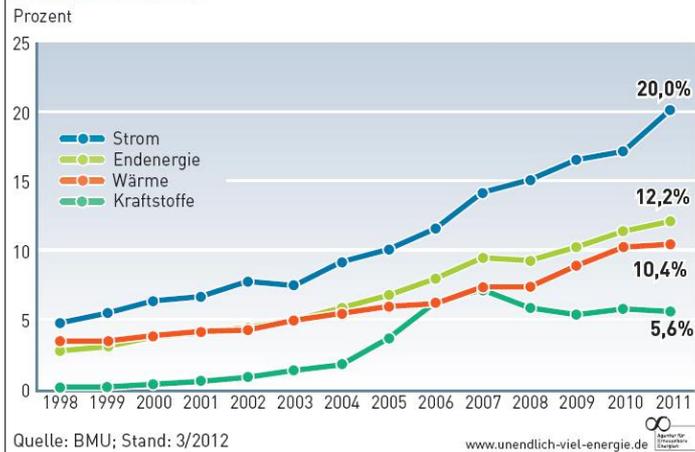
Geothermie ist ein Teil der Antwort



## Marktanteile EE



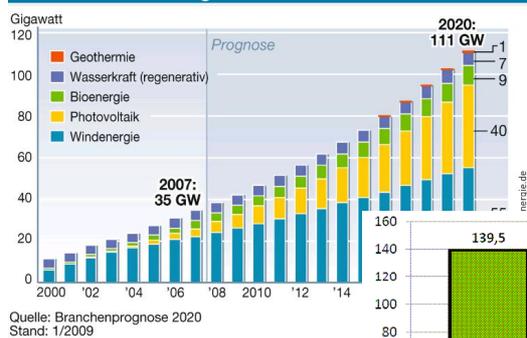
### Anteil Erneuerbarer Energien am Energieverbrauch in Deutschland



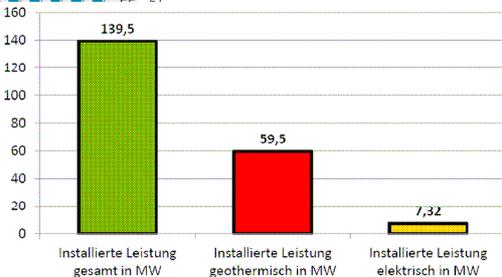
## EE - Stromerzeugung



### Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland bis 2020



Leistungsbereitstellung 2012 der 5 geothermischen Kraftwerke



## EE - Stromerzeugung



### Umweltbundesamt UBA-IWES Studie: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Energien

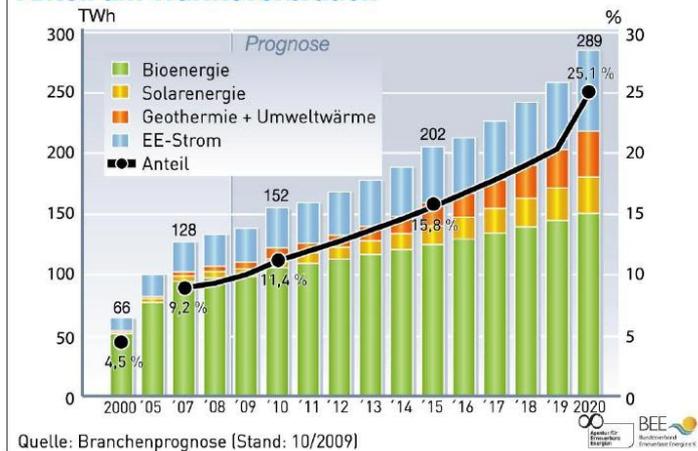
	Technisch-ökologisches Potential nach konservativer Schätzung		Szenario „Regionenverbund“	
	Leistung (GW)	Ertrag (TWh)	Leistung (GW)	Ertrag (TWh)
Photovoltaik	275	240	120	104
Windenergie an Land	60	170	60	170
Windenergie auf See	45	180	45	177
Wasserkraft	5,2	24	5,2	22
Geothermie	6,4	50	6,4	50
Abfallbiomasse (Biogas)	nach Bedarf	23	23,3	11

Quelle: (Stern et al, 2010)

## Marktanteile Wärmeerzeugung EE



### Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien und Anteil am Wärmeverbrauch

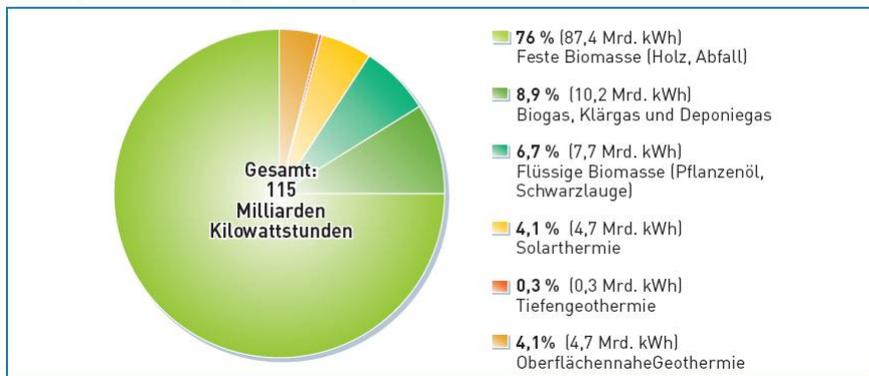


## EE Wärmeerzeugung - Aufteilung



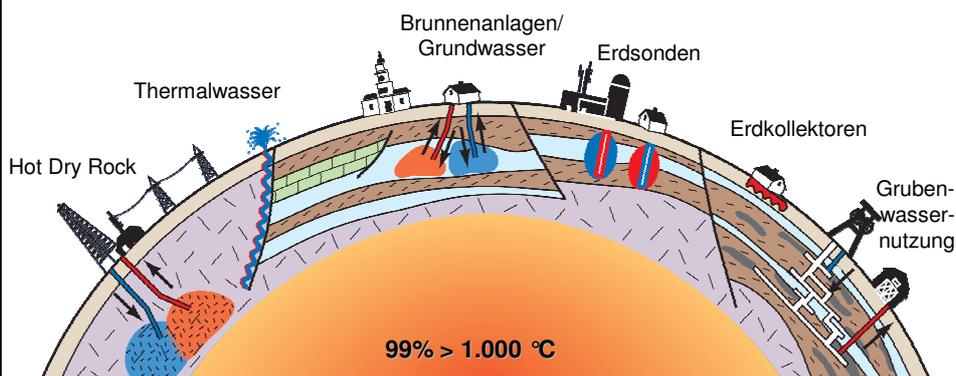
### Wärme aus Erneuerbaren Energien 2009

Bioenergie ist das Schwergewicht im regenerativen Wärmemarkt.



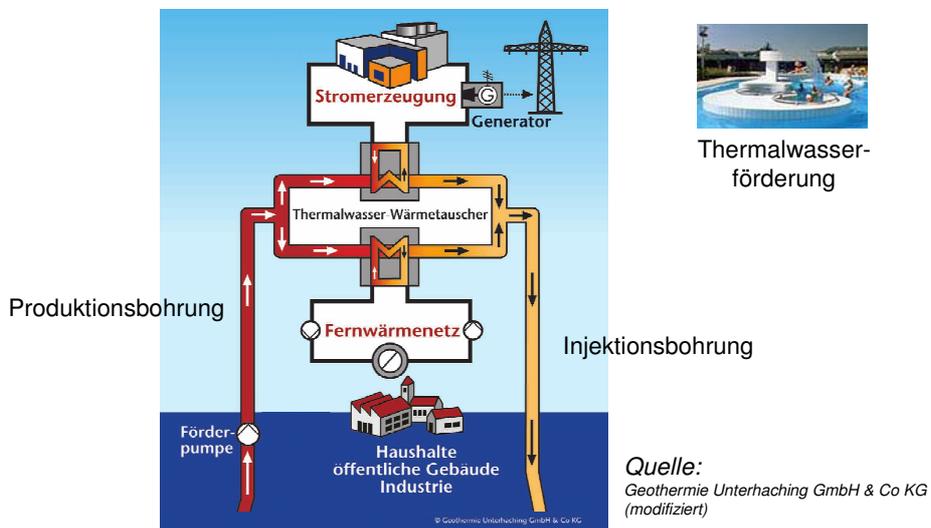
Quelle: BMU; Stand: 08/2010

## Geothermie bietet Lösungen

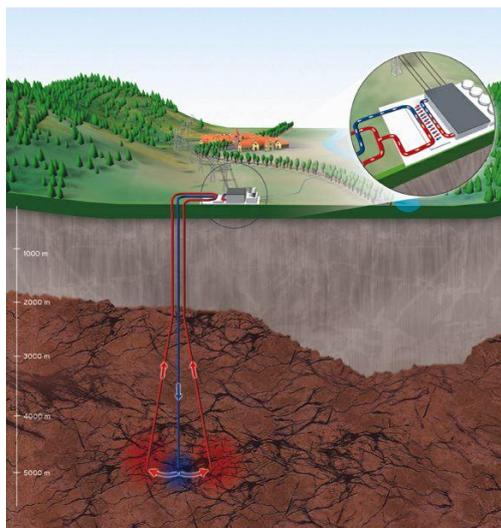


„Geothermische Energie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der festen Oberfläche der Erde“

## Hydrothermale Geothermie - Grundprinzip



## Enhanced Geothermal System (EGS)



## Erdreichkollector



(Quelle: Bundesverband Wärmepumpe)



## Erdwärmekorb



(Quelle: Bundesverband Wärmepumpe)

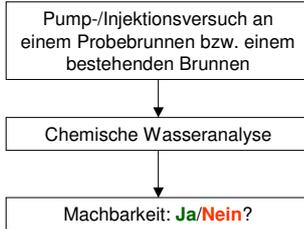
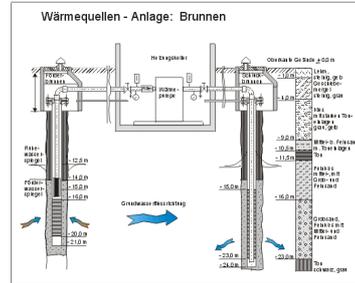
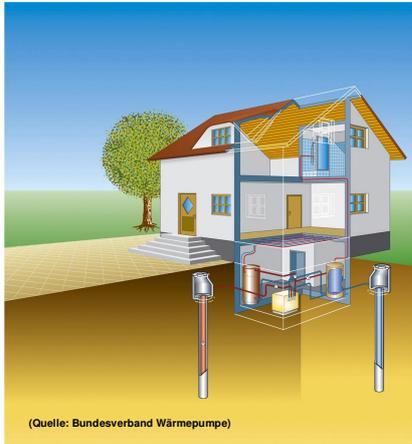


Quelle: Fa. Rehau -  
Serienschaltung

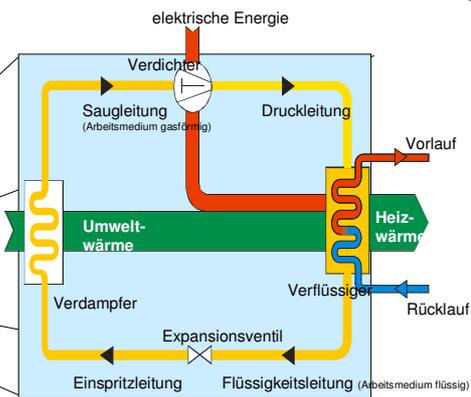
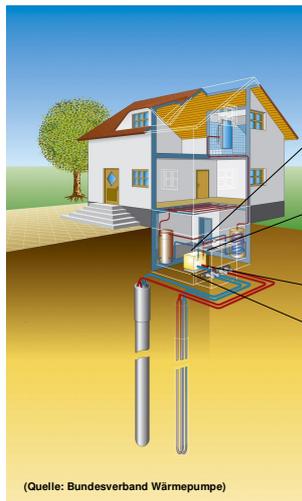
## Wärmequelle - Brunnenanlage



→ Grundwasser

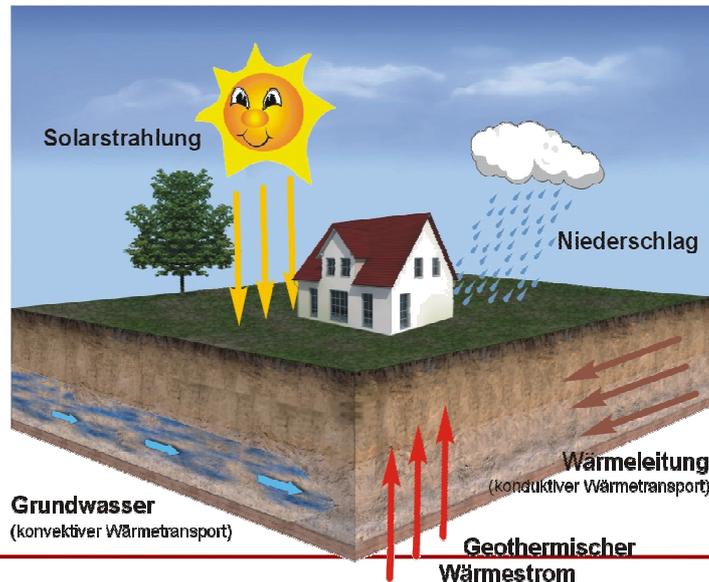


## Erdgekoppelte Wärmepumpensysteme

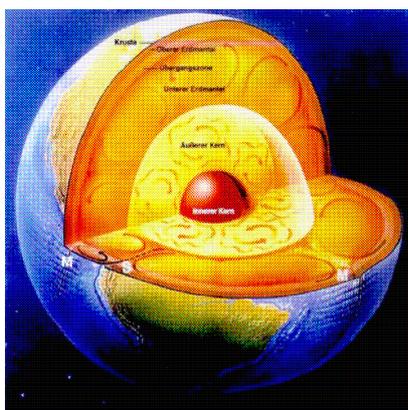


Mehrere Komponenten müssen eine Einheit bilden

## Woher kommt die Energie?



## Geothermie - Erdwärme



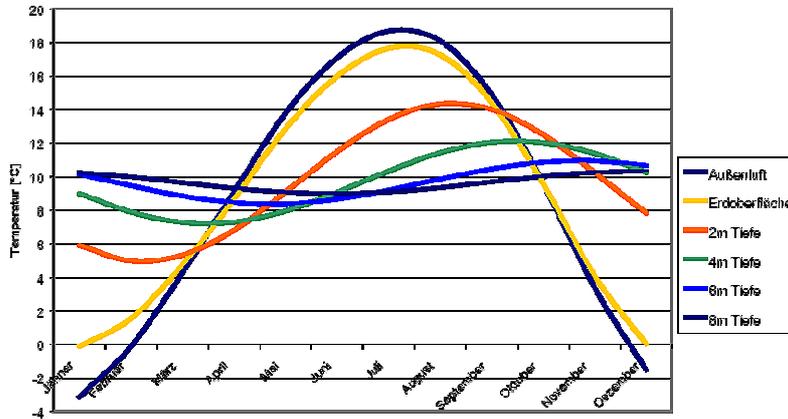
Die Temperatur im Erdkern muss im Bereich zwischen 4500 und 6500 °C liegen, da der äußere Kern verschmolzen ist. Aber woher kommt diese Wärme?

Der radioaktive Zerfall reicht nicht aus, um die Erdkruste zum Schmelzen zu bringen. Es wird geschätzt, dass 50 - 70 % der Wärme aus dem ersten Prozent der geologischen Zeit stammen. Die Wärme wurde aus der Energie von Akkretion (Anwachsen aufgrund von Gravitation), Kernbildung und späteren Meteoriten Einschlägen umgewandelt. Seither „wärmt“ die Erde aus dem Guthaben dieser Zeit, wobei sie nur sehr langsam abkühlt.

## Temperaturverlauf im Untergrund



Mittlerer Jahrestemperaturverlauf im Erdreich bei unterschiedlichen Tiefen

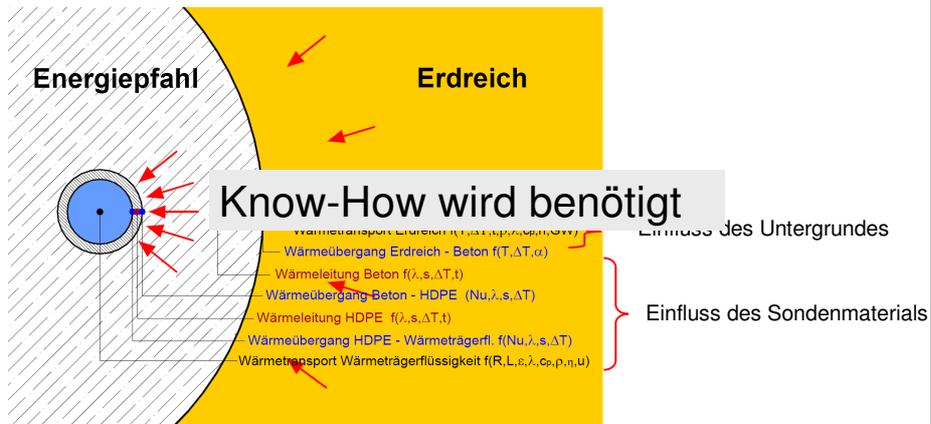


Quelle: Gebäudekühlung über Erdreichwärmetauscher-Passive Kühlkonzepte – Dipl.-Ing. Ernst Blümel / www.aee.de

## Flache Geothermie



Nicht nur der Untergrund muss berücksichtigt werden

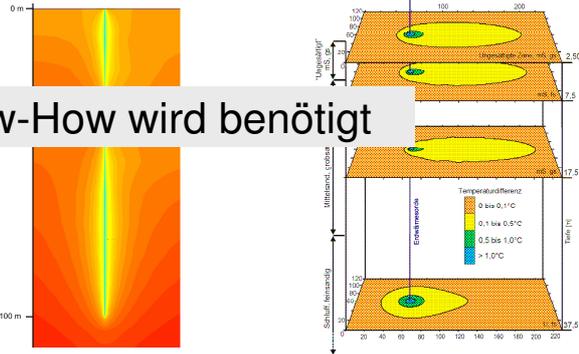


Wärmeinhalt des Untergrundes

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}(\rho c_p T)}_{\text{zeitliche Änderung des Wärmeinhalts}} = \text{div} \left( \underbrace{\lambda \text{ grad} T}_{\text{Wärmeleitung}} - \underbrace{\rho_f c_{p,f} T v}_{\text{Wärmeadvektion}} \right) + \underbrace{H}_{\text{Quellen}}$$

- T: Temperatur
- c<sub>p</sub>: Wärmekapazität Untergrund
- c<sub>p,f</sub>: Wärmekapazität Fluid
- ρ: Dichte Untergrund
- ρ<sub>f</sub>: Dichte Fluid
- λ: Wärmeleitfähigkeit
- v: Geschwindigkeit

Know-How wird benötigt



Projektentwicklung Oberflächennahe Geothermie

- Machbarkeit**
- Genehmigungsfähigkeit
  - Genehmigungsrechtliche Auflagen
  - Bewertung der geothermischen und bohrtechnischen Standortbedingungen
  - Vorplanung
  - Kostenschätzung

- Erkundung**
- Probebohrung
  - Feldmessungen
  - Erneute Bewertung der geothermischen und bohrtechnischen Standortverhältnisse

Know-How wird benötigt KO

↓ nein ↓ ja

KO

- Umsetzung**
- Entwurfsplanung
  - Genehmigungsplanung
  - Ausführungsplanung
  - Ausschreibung
  - Bauüberwachung
  - Dokumentation

## Komplexes Zusammenspiel



Quelle: Prof. Werner Schenk

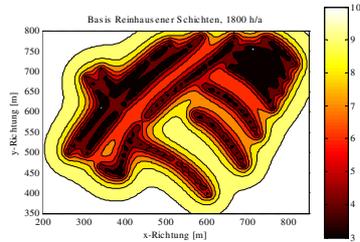
## Ganghofersiedlung Regensburg



- 140 Einfamilienhäuser
- ca. 1,4 MW Gesamtheizleistung
- passive Kühlung

→ Erdwärmesondenfeld mit ca. 500 Bohrungen zwischen 60 und 90 m Tiefe

Temperaturverteilung im Untergrund für den Monat Januar im 25. Betriebsjahr:



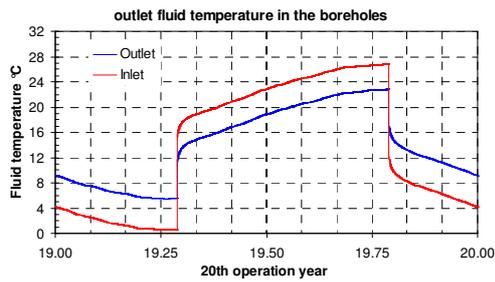
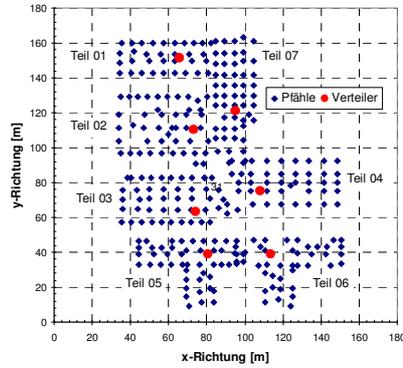
## Kreiskrankenhaus Nürtingen



### Klinikzentrum:

- 100 kW Heizlast
- 100 kW Kühllast
- 450 MWh/a Jahresheizenergie
- 450 MWh/a Jahreskühlenergie

→ 300 Energiepfähle mit 10 m Länge  
 → Energiepfahlanlage zur Grundlastdeckung

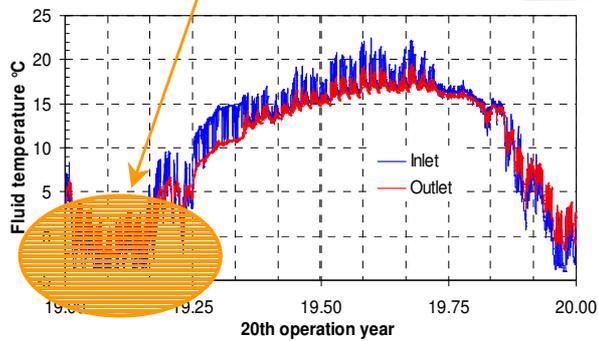


## Helixsondenfeld Robathern

- 200 kW Heizleistung
- 54 kW Kühlleistung
- 216 Helixsonden



Betrieb der Anlage mit  $T_{VL/RL} < 0 \text{ °C}$



## Tiefe Erdwärmesonde Schacht Auguste Victoria Marl



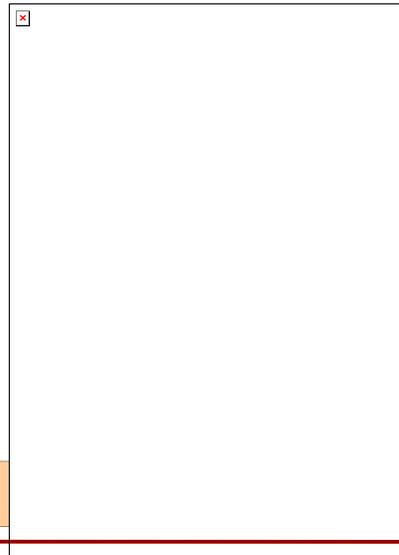
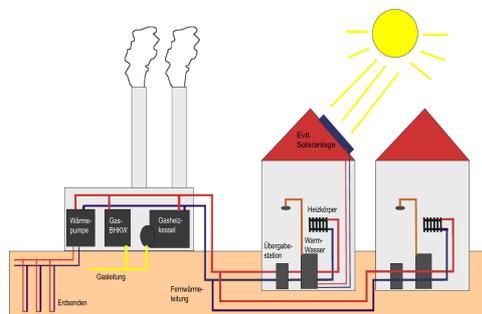
- ca. 60 kW Heizleistung der Wärmepumpe
- Tiefe Erdwärmesonde mit 700 m, DA 90mm Doppel-U-Sonde am Stück
- Recycling einer ehemaligen Schachtanlage



## Sonnenberg Ludwigsburg



- 200 kW Heizleistung der Wärmepumpe
- Regeneration des Sondenfeldes über Blockheizkraftwerk
- **Erdwärmesondenfeld mit 50 Bohrungen à 115 m**
- bivalenter Betrieb (



## „Kalte Fernwärme“ – Bonner Bogen



- 12 Hektar Fläche, ehem. Portland Zementwerk
- 56.000 m<sup>2</sup> Mietfläche, 35.000 m<sup>2</sup> Bürofläche
- 40 Firmen

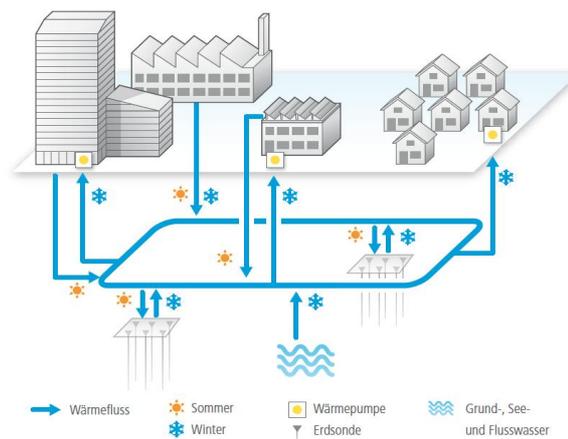


(Quelle: ISH Stawiarski, 2011).

## „Kalte Fernwärme“ – Campus Höggerberg



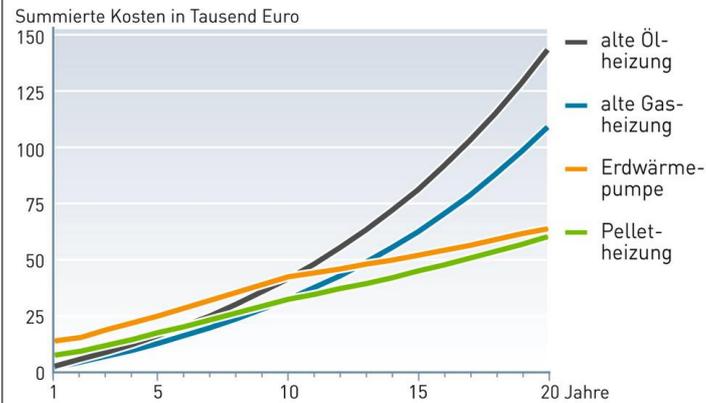
- Campus Höggerberg der ETH Zürich



(Amstein + Walther 2012).

## Gesamtkostenvergleich Erneuerbare Wärme vs. konventionelle Heizung

Eine neue, effiziente Heizungsanlage lohnt sich unabhängig vom Energieträger innerhalb weniger Jahre.



**Annahmen der Musterrechnung:**

- Einfamilienhaus im Bestand; 127 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- Wärmebedarf 150 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr
- Preisentwicklung Erdgas/Heizöl: +10 % pro Jahr
- Preisentwicklung Pellets/Wärmepumpenstrom: +5 % pro Jahr
- 50 % Fremdkapitalfinanzierung, 10 Jahre Laufzeit

Stand: 02/2010

www.unendlich-viel-energie.de



## Zufriedenheit des Verbrauchers

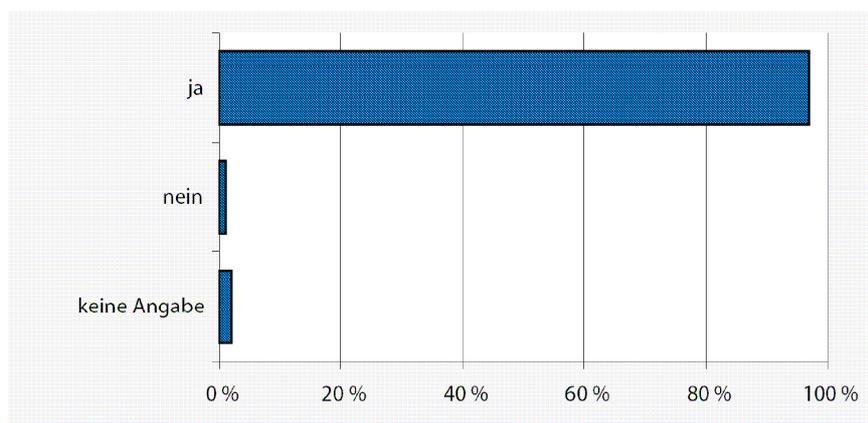
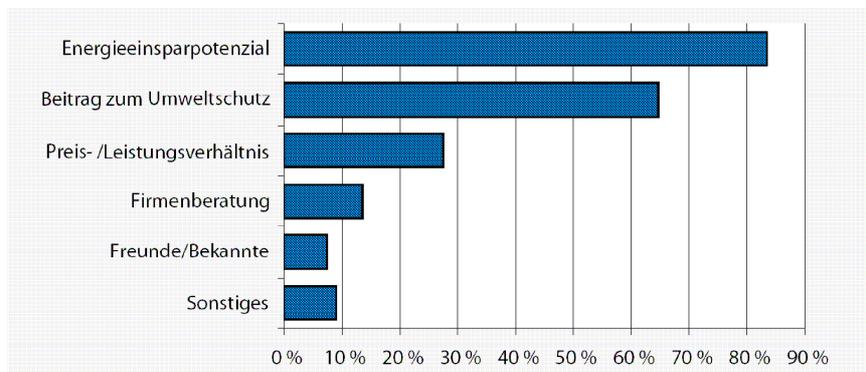


Abb. 15 Würden Sie sich im Nachhinein noch einmal für eine Erdwärmeanlage entscheiden? (N = 982)

Quelle: bbr-Sonderheft: Marktanalyse Erdwärme



## Entscheidungsgründe



**Abb. 11** Was hat Sie letztendlich überzeugt, eine Erdwärmepumpe einzubauen?  
(Mehrfachantworten, N = 980)

Quelle: bbr-Sonderheft: Marktanalyse Erdwärme

## Energie der Erde

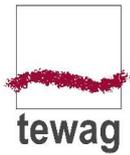


**In der Erde steckt ein riesiges Energiepotential**





# Vielen Dank!



Technologie – Erdwärmelanlagen – Umwelttechnik GmbH  
Am Haag 12  
72181 Starzach-Felldorf  
[www.tewag.de](http://www.tewag.de)  
[info@tewag.de](mailto:info@tewag.de)

