

# GeoThermal

ENGINEERING



## TIEFENGEOthermie IN UND UM ISNY - CHANCEN/RISIKEN/WIRTSCHAFTLICHKEIT

Dr. Michael Kraml, GeoThermal Engineering GmbH, Karlsruhe; [www.geo-t.de](http://www.geo-t.de)

Isny, 11.03.2012

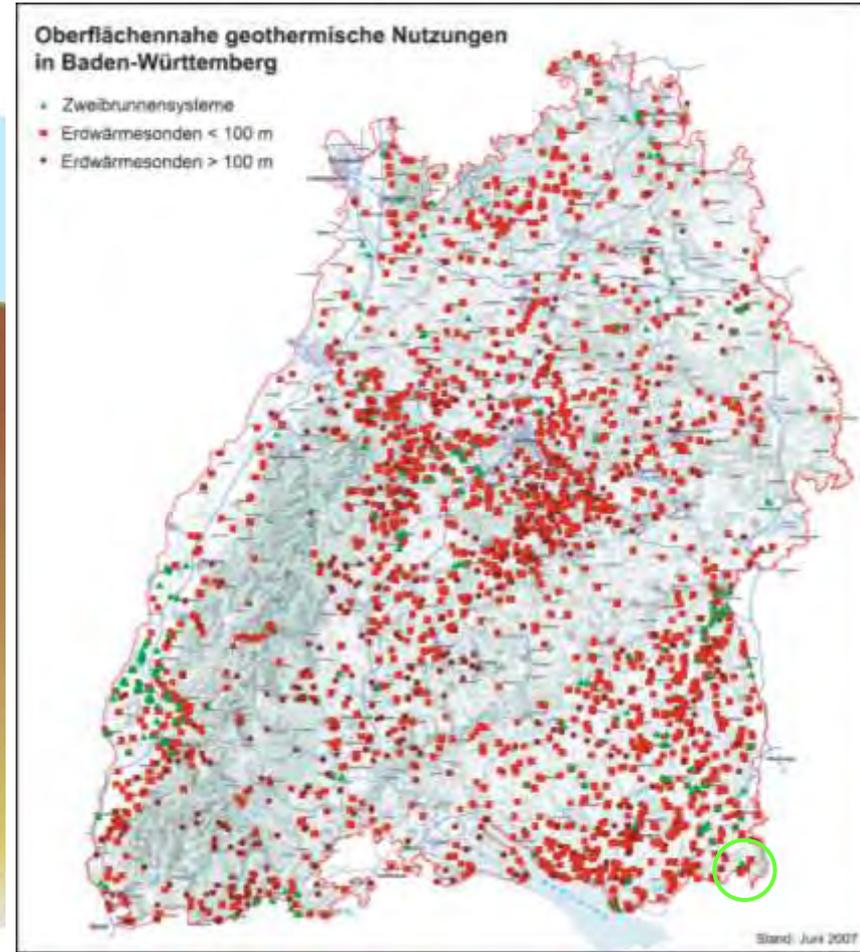
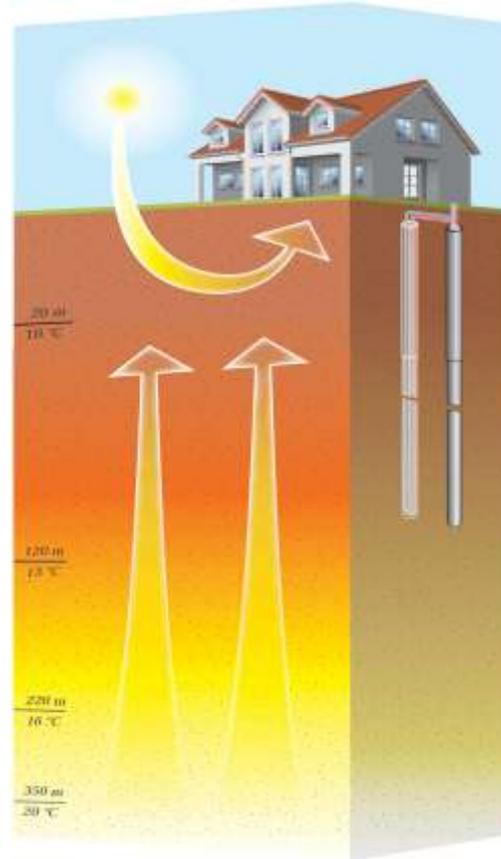
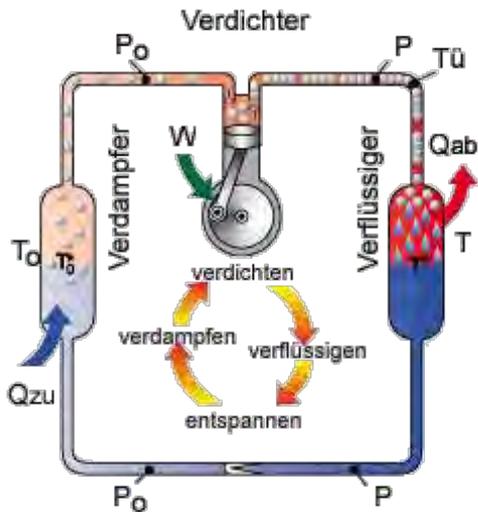
- I. AUSGANGSPUNKT: ISNYER ENERGIE-KONZEPT VON PROF. PFEILSTICKER**
- II. KURZE BEMERKUNG ZUR OBERFLÄCHENNAHEN GEOTHERMIE (CHANCEN/RISIKEN)**
- III. MÖGLICHKEITEN ZUR KOMBINATION Z.B. FLACHE GEOTHERMIE - SOLARTHERMIE**
- IV. IST TIEFENGEOTHERMIE ZUR STROMERZEUGUNG IN ISNY MÖGLICH?**
- V. IST TIEFENGEOTHERMIE ZUR BEHEIZUNG IN ISNY MÖGLICH?**
- VI. IST TIEFENGEOTHERMIE FÜR BALNEOLOGIE IN ISNY MÖGLICH?**
- VII. MÖGLICHKEITEN VON „THERMIE“ OHNE „GEO“?**
- VIII. ABSCHLUSSBEMERKUNGEN**

Wenn bei der flachen Geothermie der Grundwasserleiter angebohrt wird (in einigen Meter bis einigen 10er Meter Tiefe), wird entweder durch eine Wärmepumpe Wärmeenergie gewonnen, oder das Grundwasser wird als Kühlmittel dem Verbraucher direkt zur Verfügung gestellt. Während die zweite Nutzungsart dem Verbraucher kostengünstig Kälteenergie zur Verfügung stellt (bei der gegebenen Grundwassertemperatur von etwa 7°C in Isny), ist für die erste Nutzungsart ein erheblicher Einsatz elektrischer Energie für die Wärmepumpe notwendig. Von einem großflächigen Einsatz der flachen Geothermie zur Wärmeerzeugung im Wohn- und Industrieinsatz wird daher generell abgeraten.



Quelle: Bundesverband  
Wärmepumpe (BWP) e.V.

Quelle: Prof. Pfeilsticker

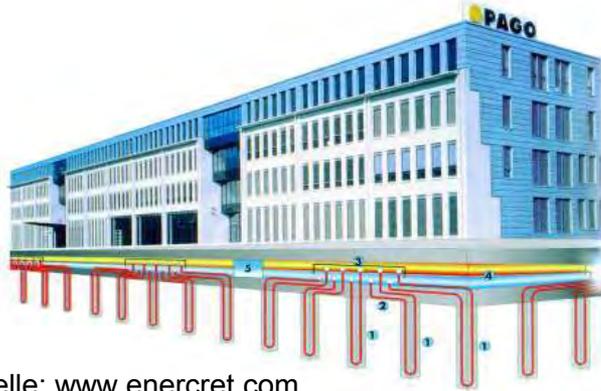


Quelle: [www.waermepumpentechnik.de](http://www.waermepumpentechnik.de)

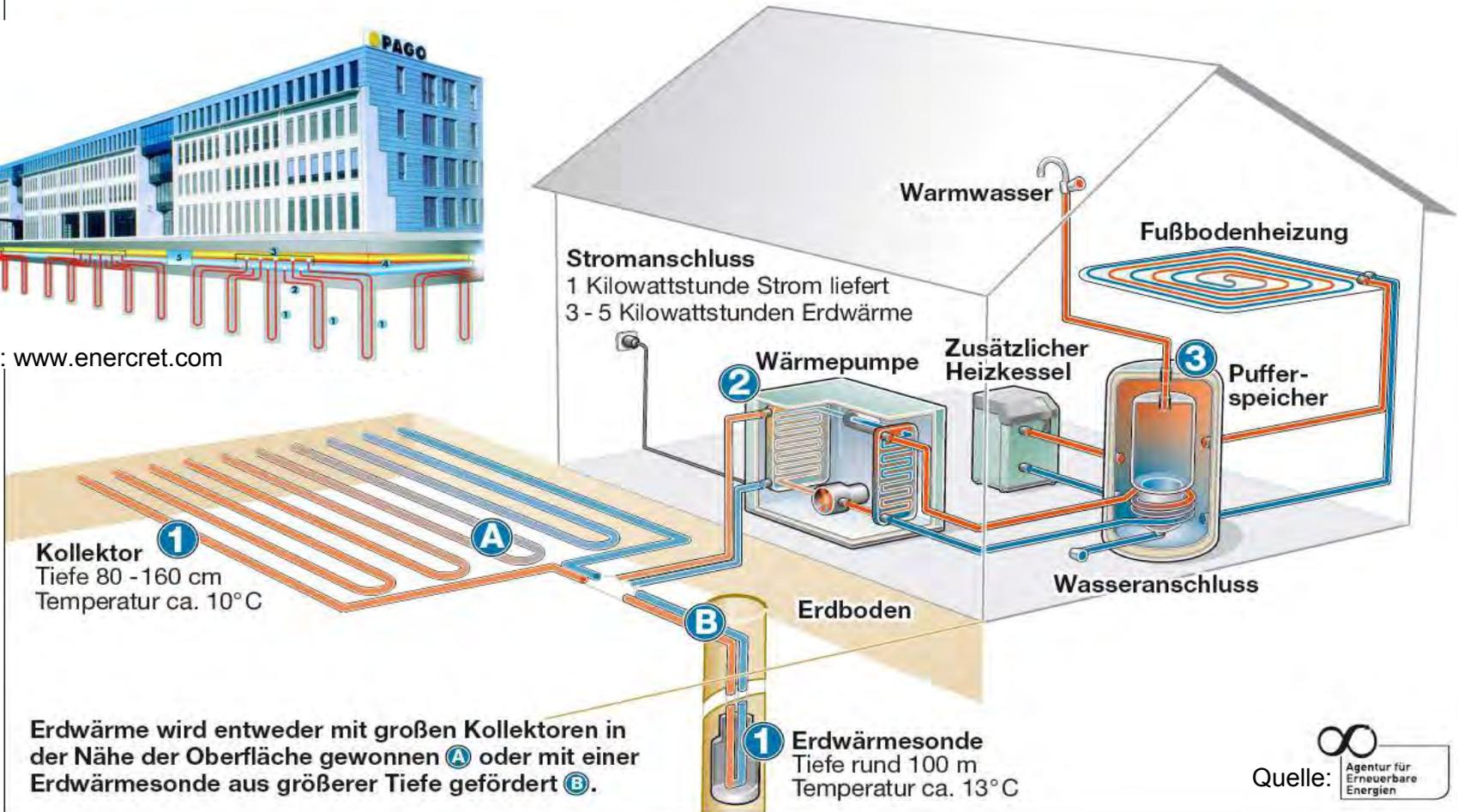
Quelle: [www.hlug.de](http://www.hlug.de)

Quelle: Jodocy et al. (2007)

### Wärme aus der Erde: Wie man mit oberflächennaher Geothermie heizen kann



Quelle: [www.enercret.com](http://www.enercret.com)



Quelle:  Agentur für Erneuerbare Energien



Nur bei ca. 15 % der Landesfläche Baden-Württembergs gibt es im flachen Untergrund Anhydrit (quillt bei Kontakt mit Wasser => Gips). In Isny ist dies nicht der Fall!  
**Es muss jedoch mit artesisch gespanntem Grundwasser gerechnet werden!!!**



Quelle: Sanner 2009

Frankfurt-Hoechst 1993  
(unter Druck stehender  
Grundwasserleiter)

Wiesbaden 2009  
(unter Druck stehender  
Grundwasserleiter)

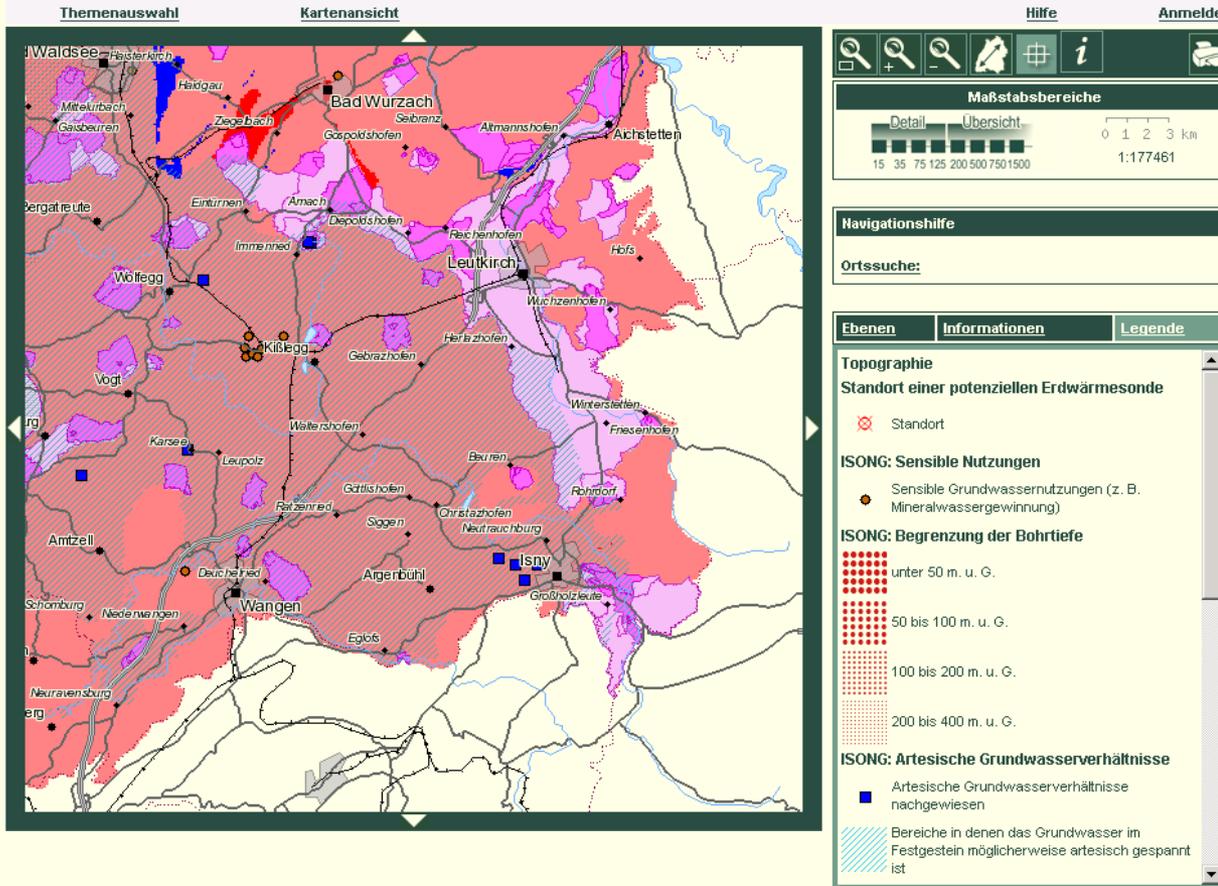
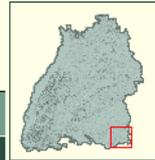


Quelle: <http://www.fnp.de/fnp/region/hessen/rmn01.c.6795587.de.htm>



Regierungspräsidium Freiburg  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

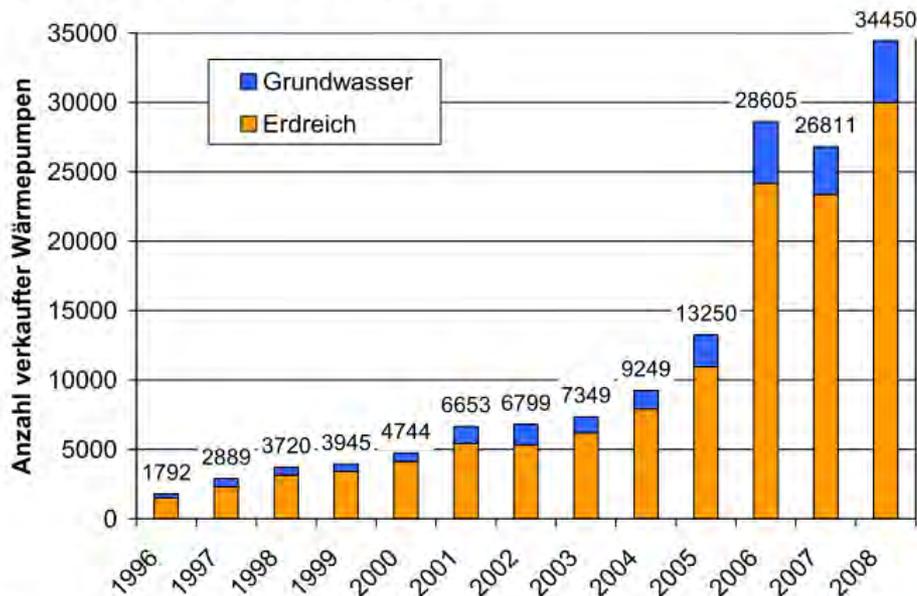
**LGRB** – Mapserver  
Geowissenschaftliche Karten Baden-Württemberg



Artesische Grundwasser-Verhältnisse -wie sie in Isny vorliegen- können bohrtechnisch beherrscht werden, wenn man darauf vorbereitet ist.

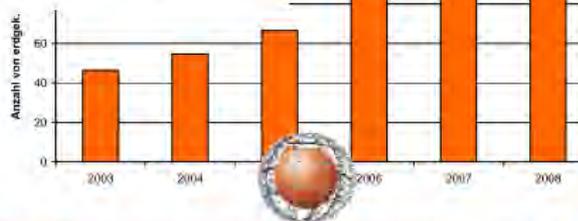


## Marktentwicklung



**Starker Zuwachs seit rund 10 Jahren, vor allem im Jahr 2006**

## Gesamtanzahl installierte Anlagen



190000  
erdgekoppelte  
Wärmepumpen  
wurden bis Ende  
2009 in  
Deutschland  
ohne Probleme  
installiert

Quelle: Sanner 2009

**GEOTHERMISCHE VEREINIGUNG E.V.**  
BUNDESVERBAND GEOTHERMIE

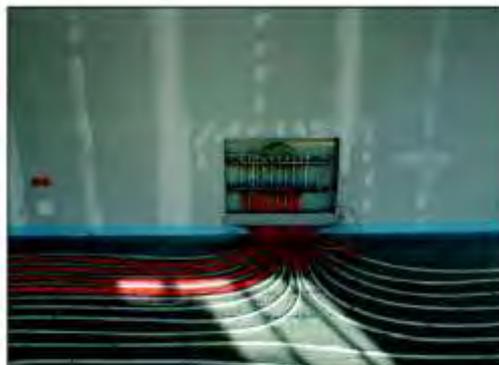


links: Einbringung der Sole-Hauptleitungen in das Haus in versiegelten Bereich, rechts: Ausbildung des Flächen-Erdwärmeabsorbers mit Sandschüttung; Fotos: Forum Wohnenergie



links: solarthermisches Kollektorfeld, rechts Aufständerung mit Ansicht von hinten, Fotos: Forum Wohnenergie

Quelle:  
Hartmann  
2009



links: Flächenheizungssystem Fußbodenheizung – Ähnlichkeiten mit dem Flächen-Erdwärmeabsorber sind nicht zu übersehen, rechts: Fußbodenheizungsverteiler, Fotos: Forum Wohnenergie



links: Sole-Nachwärmespeicher mit Solaranschluss über Umschaltventil; rechts: mit fertiggestellten Anschluss an Soleleitung über 3-Wege-Mischventil; Fotos: Forum Wohnenergie

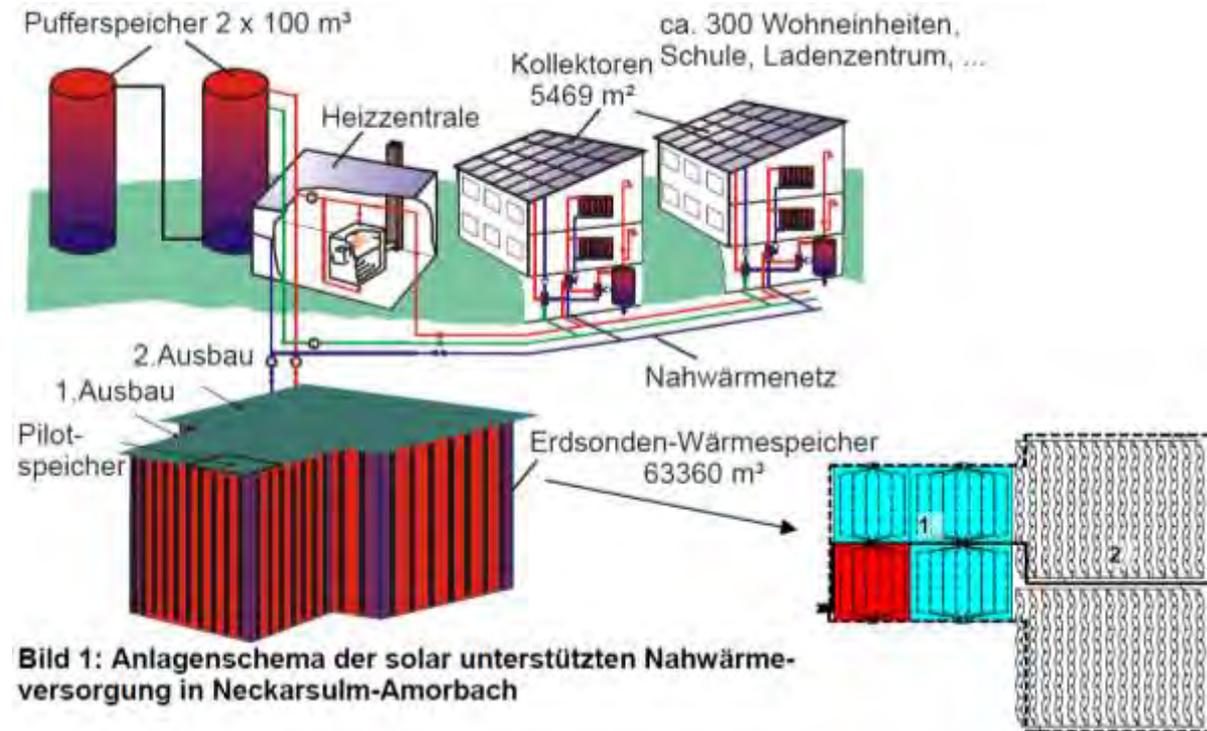
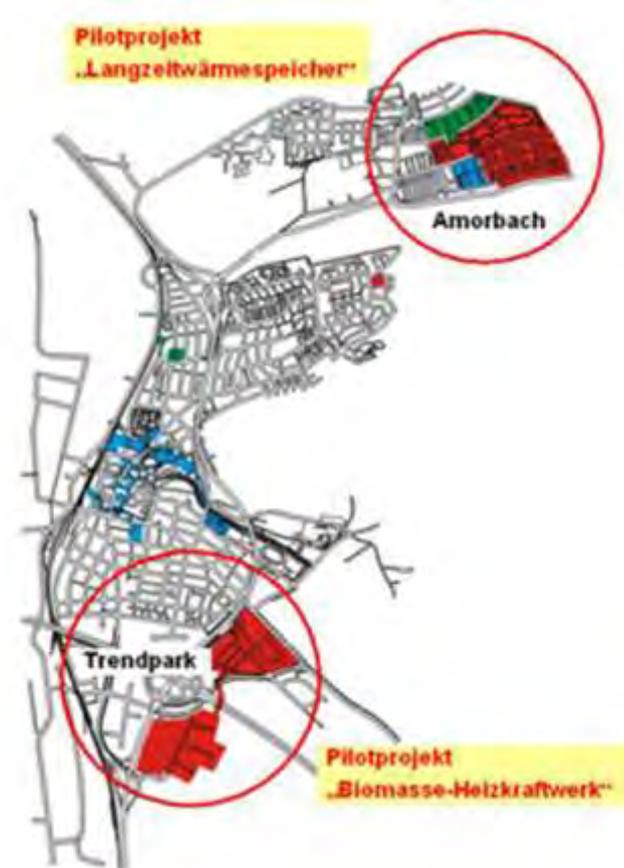


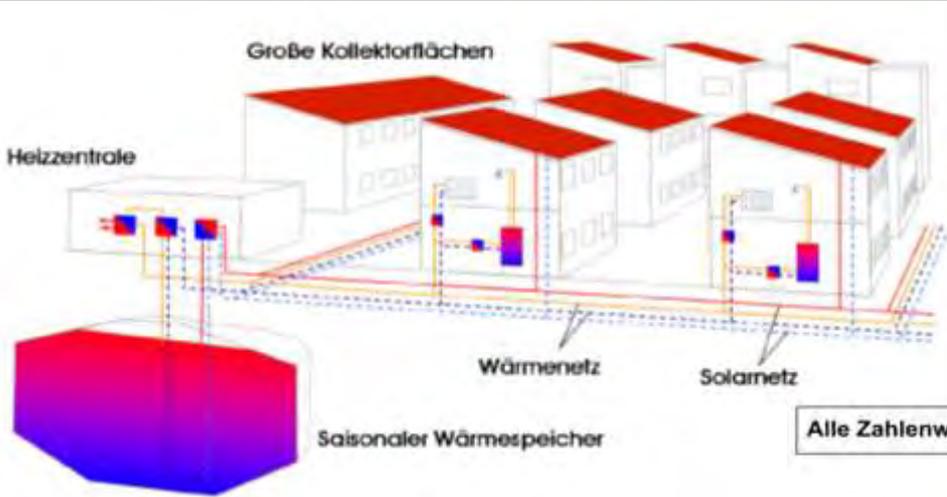
Bild 1: Anlagenschema der solar unterstützten Nahwärmeversorgung in Neckarsulm-Amorbach

Quelle: Nußbicker et al. 2007

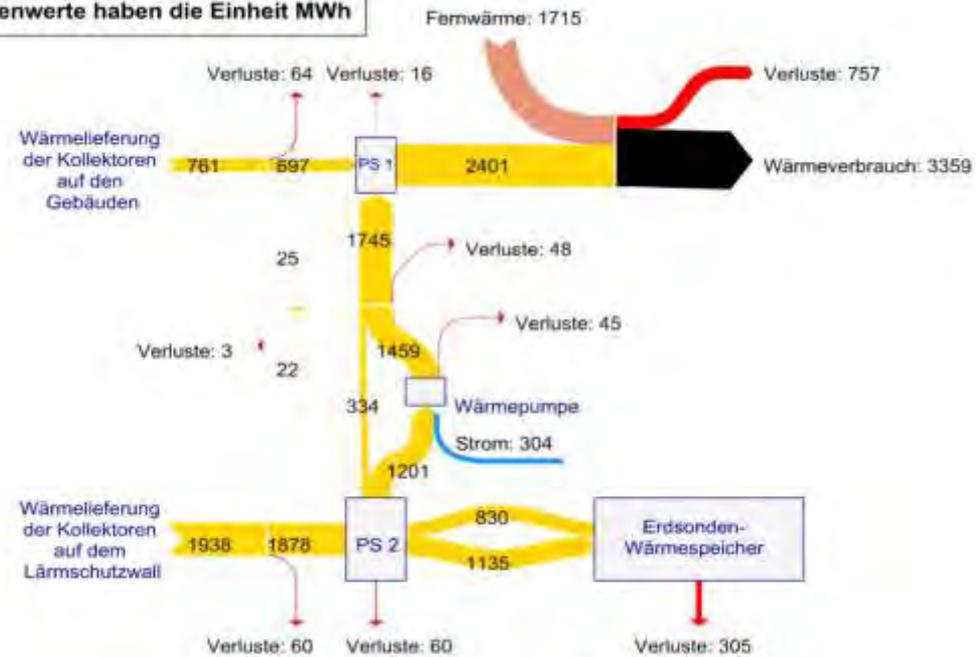
## Solarenergie und oberflächennahe Geothermie im großen Stil (Beispiel Neckarsulm)



Quelle: Mahler & Knapp 2005



Alle Zahlenwerte haben die Einheit MWh



Solarenergie und oberflächennahe Geothermie im großen Stil  
(Beispiel Crailsheim)

Quelle: Riegger et al. 2008

## Abwärme konventionelles Kraftwerk und Geo-Speicher

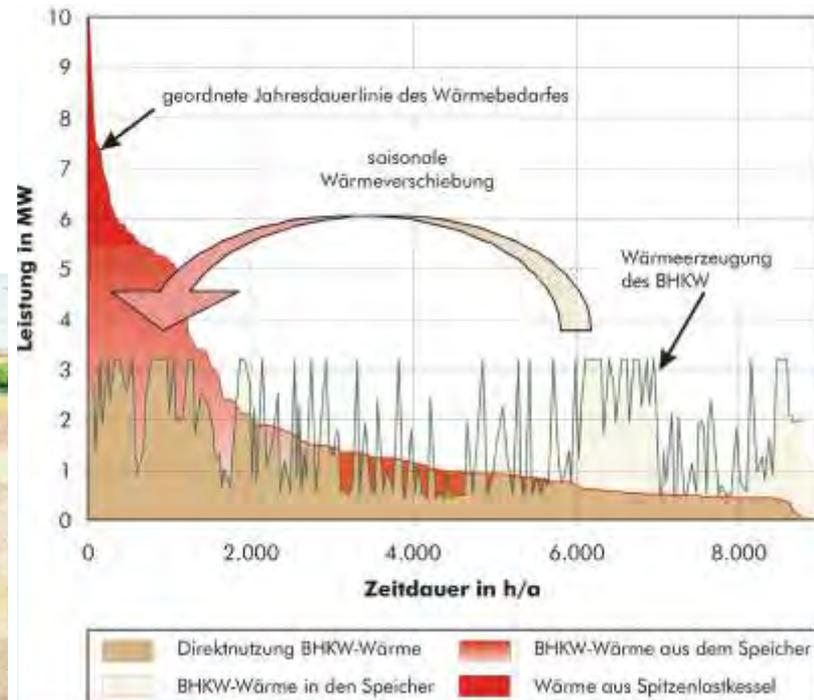
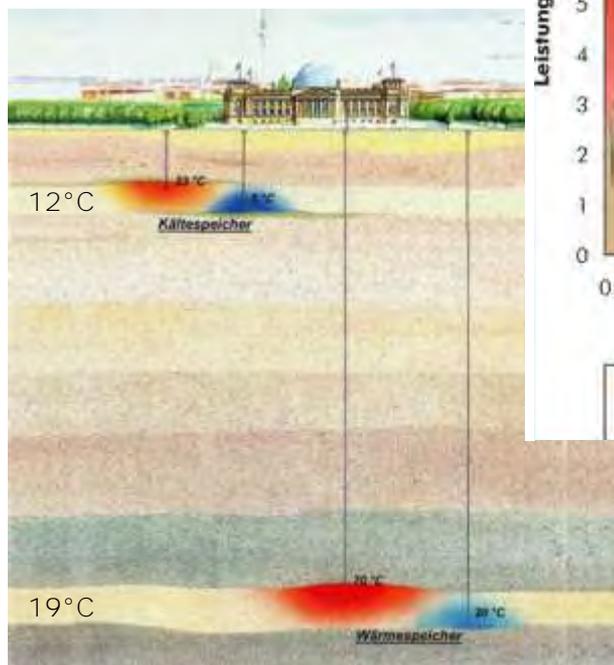
**Sommer:** Abwärme eines 3,2 MW<sub>el</sub> BHKWs (in Form von 70°C heißem Wasser) wird in einem 285-315m tiefen Aquifer (Sandstein) gespeichert

**Winter:** Bis zu 65°C heißes Wasser wird wieder aus dem Sandstein (Wärmespeicher) für Heizzwecke gefördert

**Sommer:** Eine Absorptionswärmepumpe kühlt das Gebäude und ihre Abwärme wird teilweise in einem flachen Aquifer gespeichert (30-60m; Kältespeicher

**Winter:** Der Kältespeicher wird durch die geringen Winter-temperaturen und durch die Absorptionswärmepumpe gekühlt

Reichstag-Gebäude  
Berlin



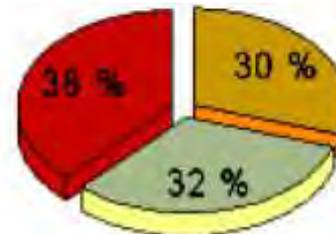
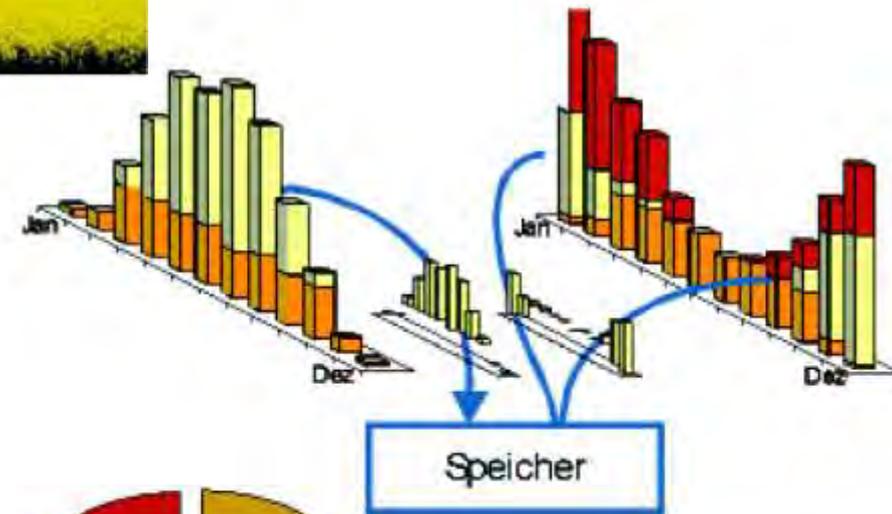
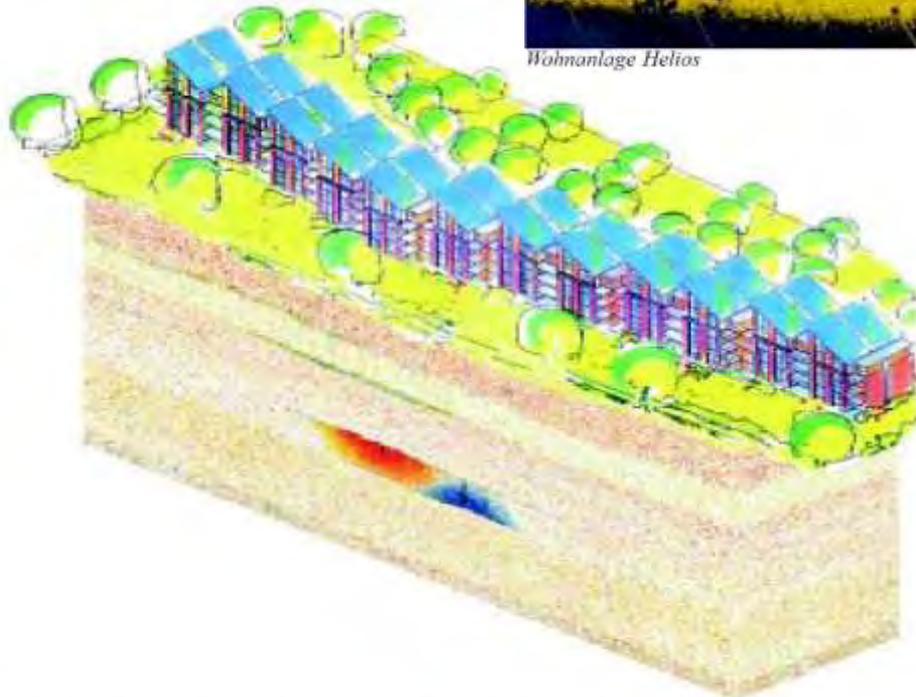
Quelle: GTN

Quelle: GTN aus:  
Geothermische  
Energie Nr.38//39  
Heft 5/6 2002



Wohnanlage Helios

## Solarenergie und Geo-Speicher (Beispiel Rostock- Brinckmanshöhe)



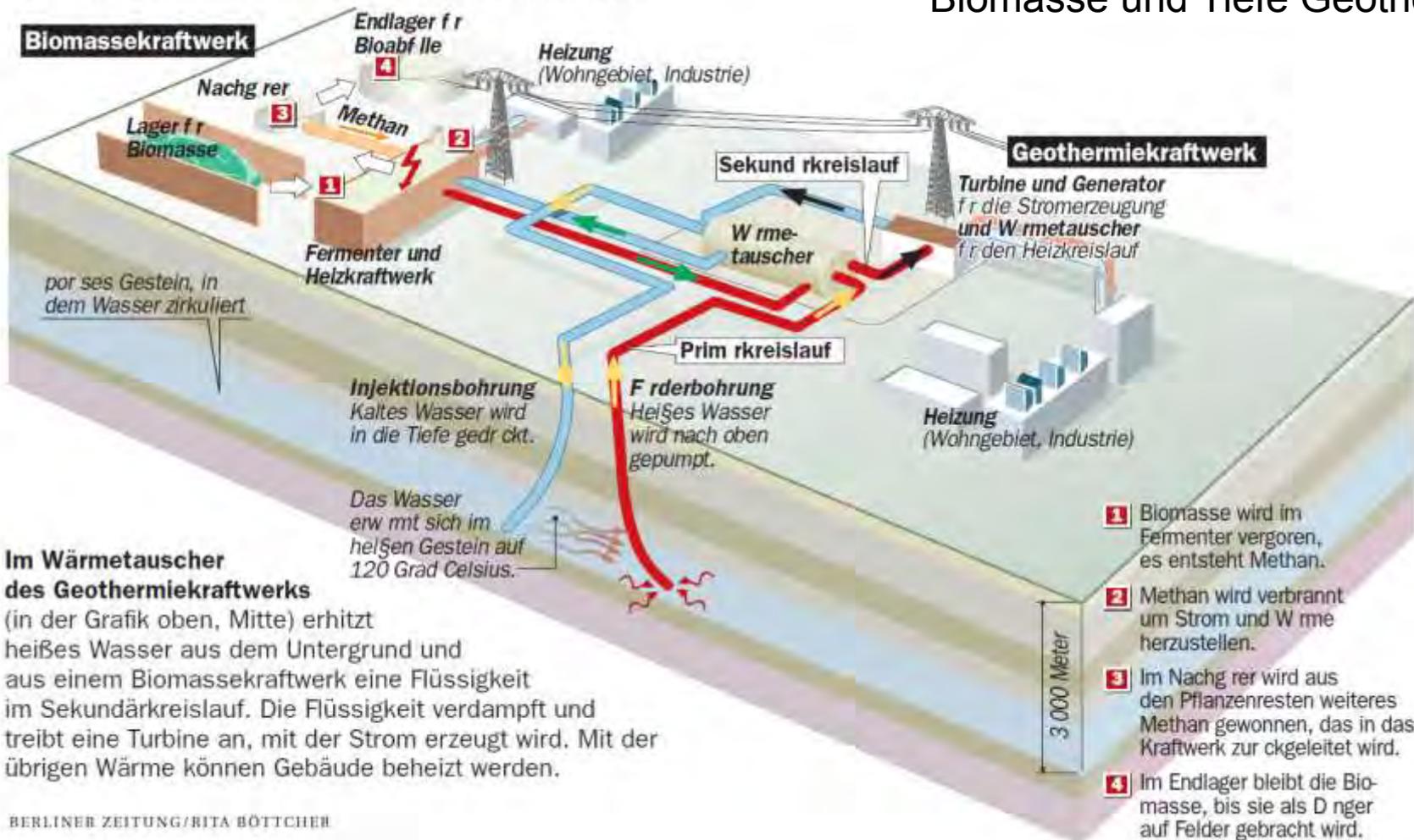
- solare Wärme - direkt
- solare Wärme - Speicher
- konventionelle Zusatzheizung

Energieströme

Modell der Solaranlage Rostock-Brinckmanshöhe

## Wie ein Geothermie-Biomasse-Kraftwerk funktioniert

## Biomasse und Tiefe Geothermie



## Verfahrensprinzip Hybrid - Kraftwerk Neuried

GEOThermal

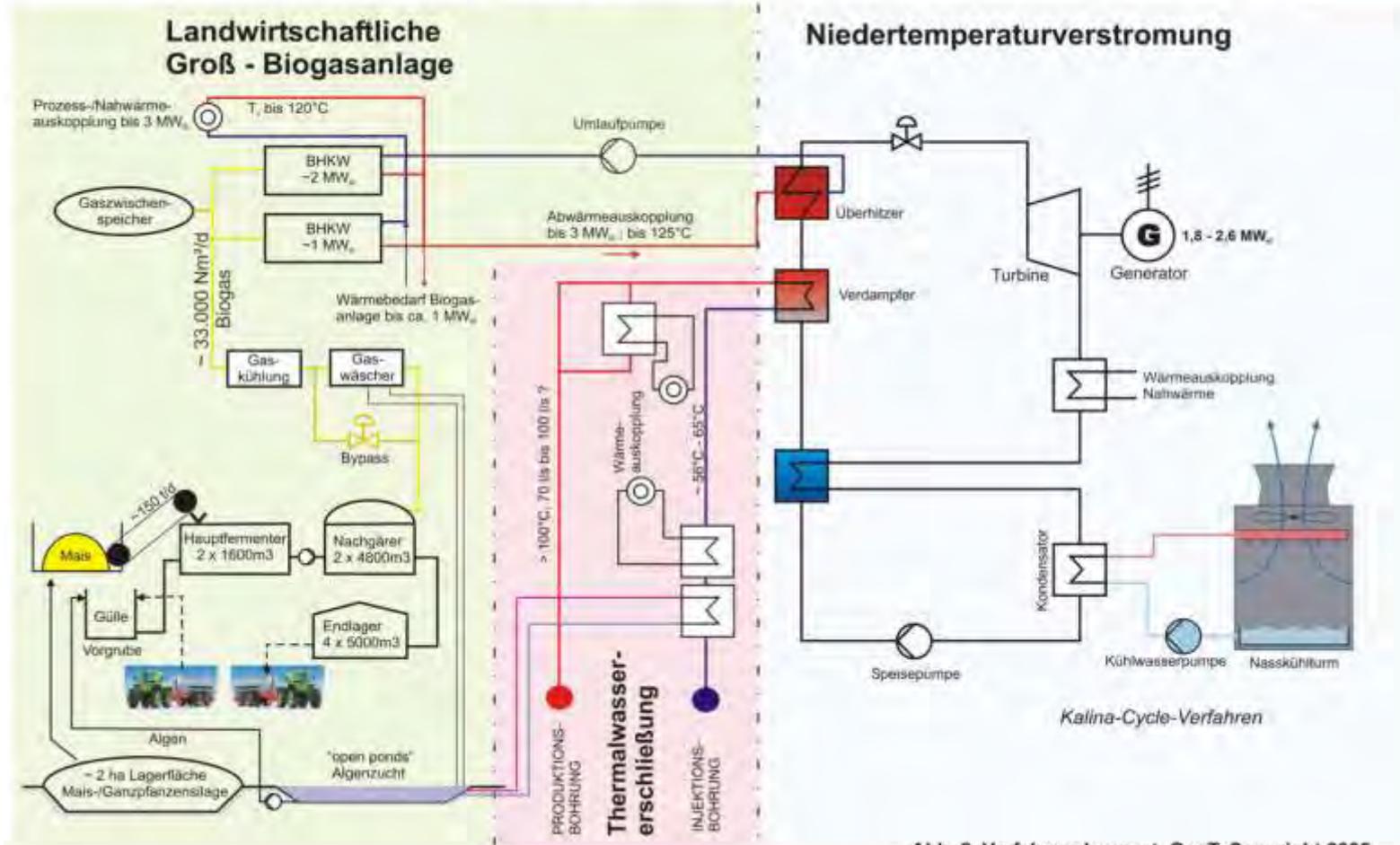
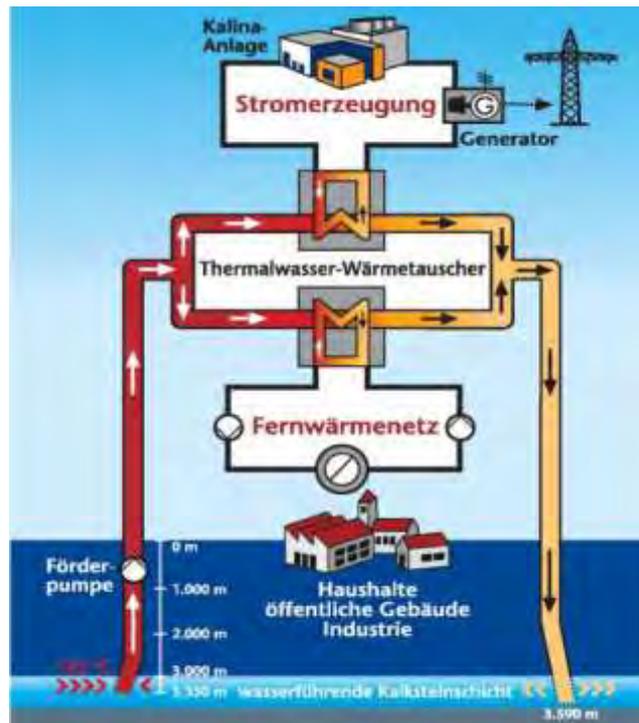
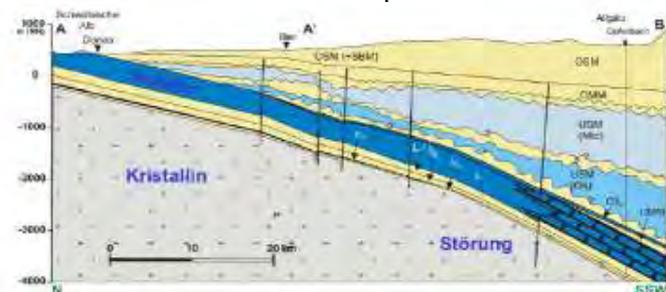


Abb. 2, Verfahrenskonzept, GeoT, Copyright 2005

Quelle: Kapp et al. 2008



Quelle: Knappek



Falls in Isny eine ähnlich hohe Schüttung wie in Unterhaching zur Verfügung stünde, könnte diese nicht nur etwa die gut zweifache Menge der benötigten Wärmeenergie liefern, sondern auch ~30 % des benötigten Stroms erzeugen.

Eine sinnvolle Nutzung der verfügbaren Wärme würde ein großflächiges Fernwärmenetz erfordern. Daneben könnte die überschüssige Wärme mit einer Fernwärmeleitung in benachbarte Gemeinden exportiert werden, oder sie stünde für eine umfangreiche Nutzung in Thermalbädern oder einer in Isny neu anzusiedelnden Industrie zur Verfügung.

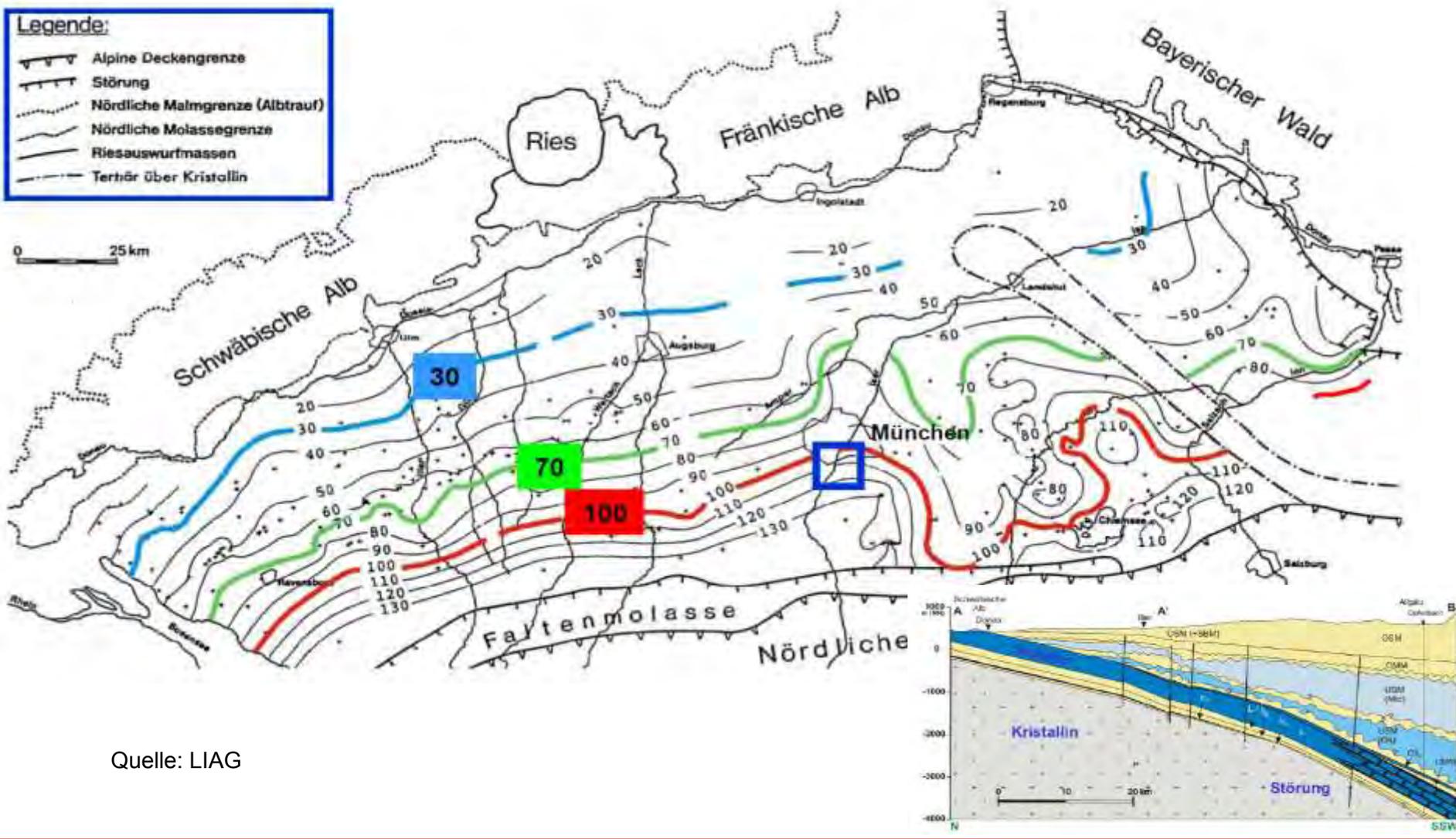
Solange jedoch die sehr kostenintensiven und risikoreichen Bohrungen nicht abgeschlossen sind, ist keine genaue Prognose bezüglich der Menge des zu fördernden Thermalwasser möglich, und somit kann nicht sichergestellt werden, ob das Projekt letztlich wirtschaftlich erfolgreich sein kann.

Quelle: Prof. Pfeilsticker

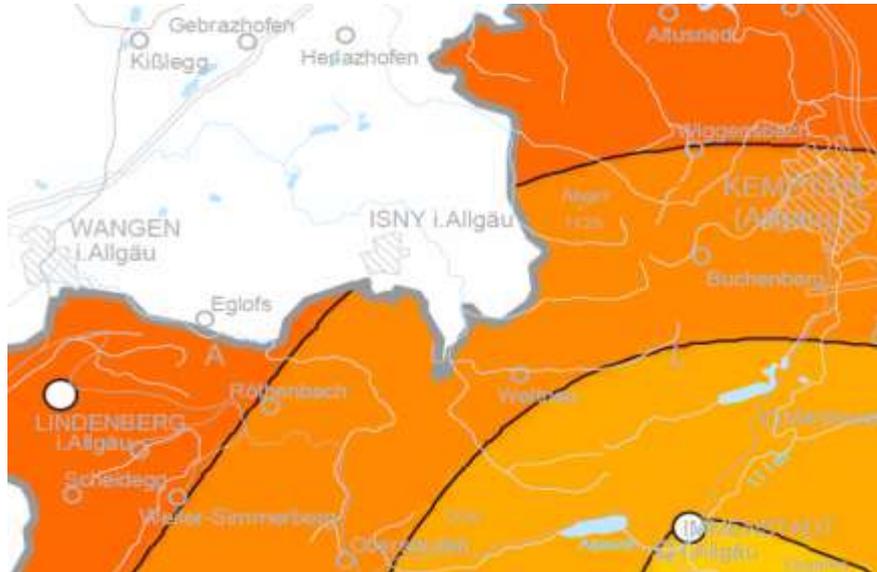
Quelle:  
Süddeutsche  
Geothermie-Projekte  
Gesellschaft



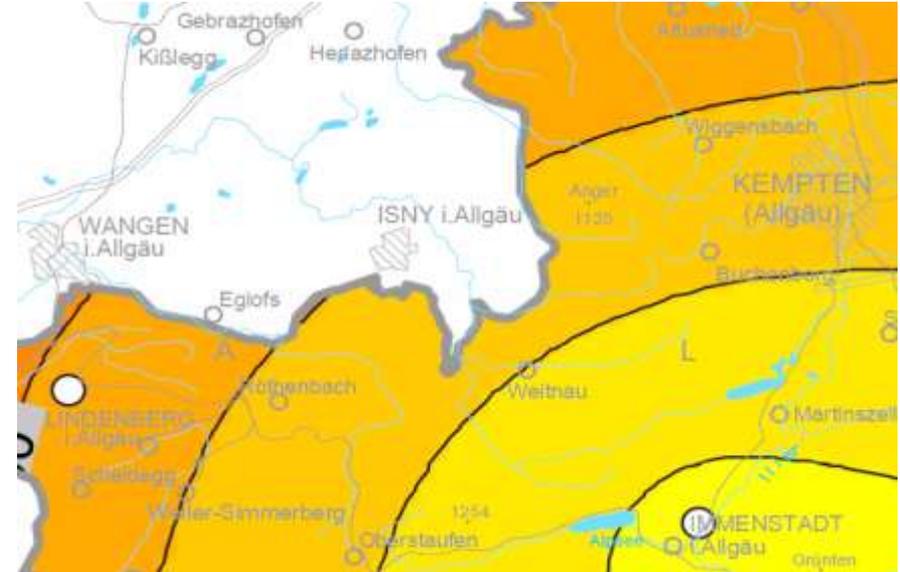
# IV. STROM AUS DER TIEFE?



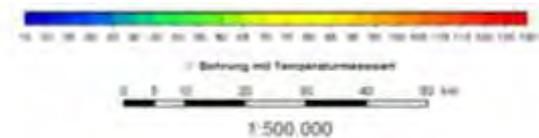
Quelle: LIAG



- 105°C in 3500m
- 2 Bohrungen auf Kartenausschnitt



- 95°C in 3000m
- 2 Bohrungen auf Kartenausschnitt

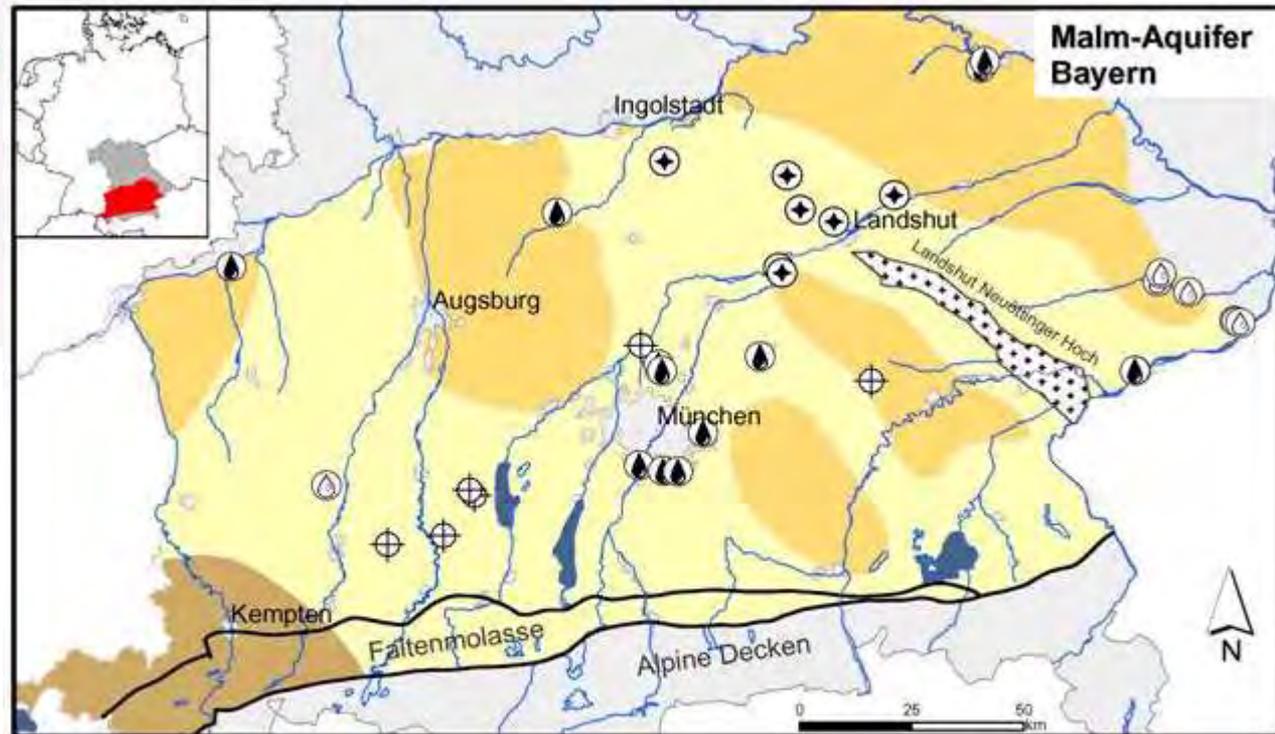


Quelle: Bayerischer Geothermieatlas

- 600 m mächtige flachmarine Kalk-Mergel-Wechselfolge
- Einfallen in südl. Richtung von der Donau zum Alpenkörper (bis 5000m Tiefe)
- Schicht- und Massenfazies; z.T. Helvetische Fazies
- Produktionshorizont Malm zeta
- Alpenparallele Störungssysteme

## Datengrundlage (Hydraulik)

- 23 Thermalwasserbohrungen
- 7 Forschungsbohrungen
- 6 Kohlenwasserstoffbohrungen



### GeotIS - Datenbasis Bayern

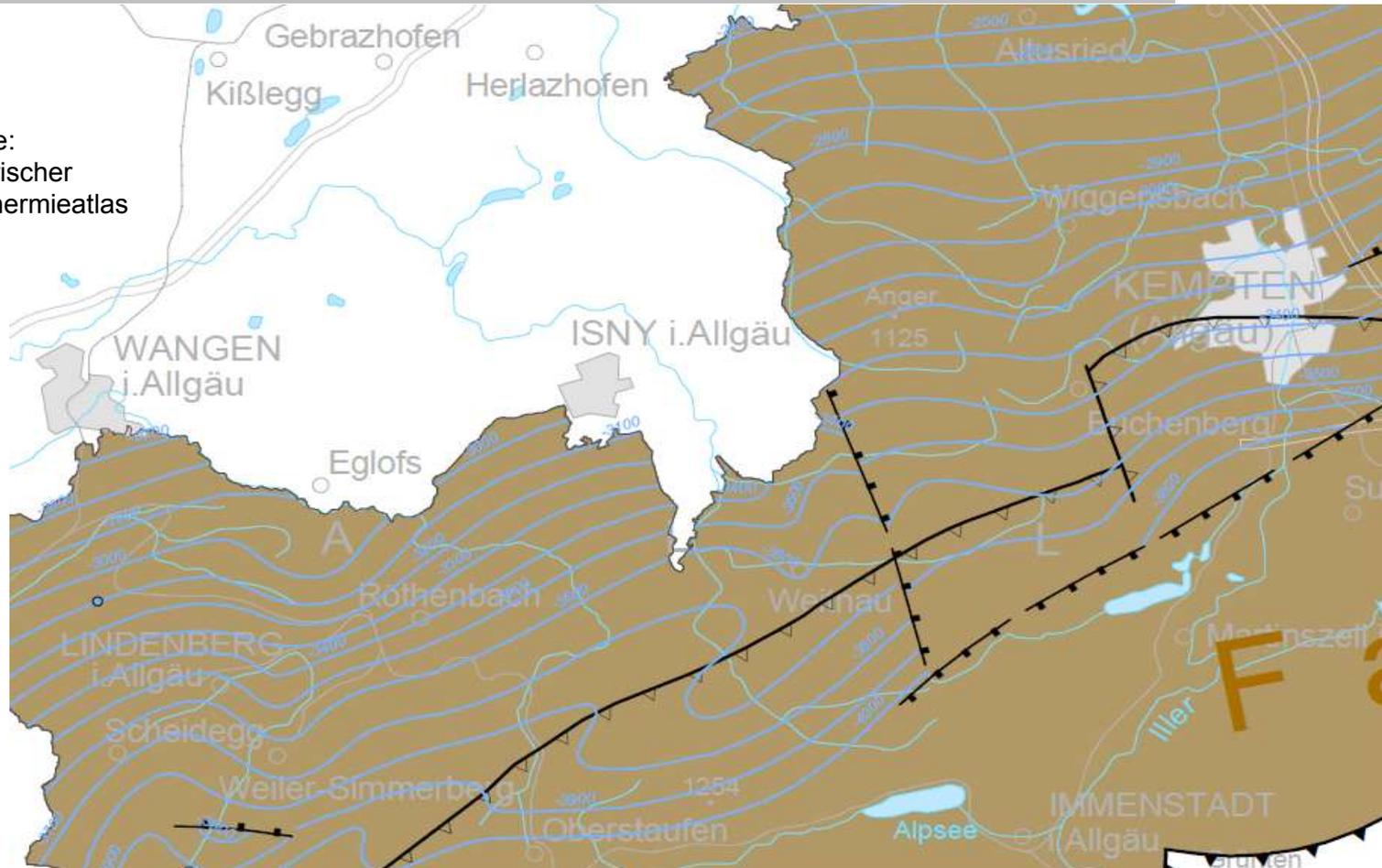
- ⊕ Forschungsbohrung und Sonstige
- ⊕ Kohlenwasserstoffbohrung
- ⊕ Thermalwasserbohrung - Balneologische Nutzung
- ⊕ Thermalwasserbohrung - Energetische Nutzung

### Faziesverteilung im Malm Zeta 3 nach Meyer & Schmid-Kaler (1996)

- Helvetische Fazies
- Riff- und Massen-Fazies
- Schicht-Fazies

Quelle:  Freie Universität Berlin  
Geowissenschaften  
 Institut für Geologie und Geochemie  
 Prof. Dr. J. Böttcher  
 Berlin, 1000 209

Quelle:  
Bayerischer  
Geothermieatlas

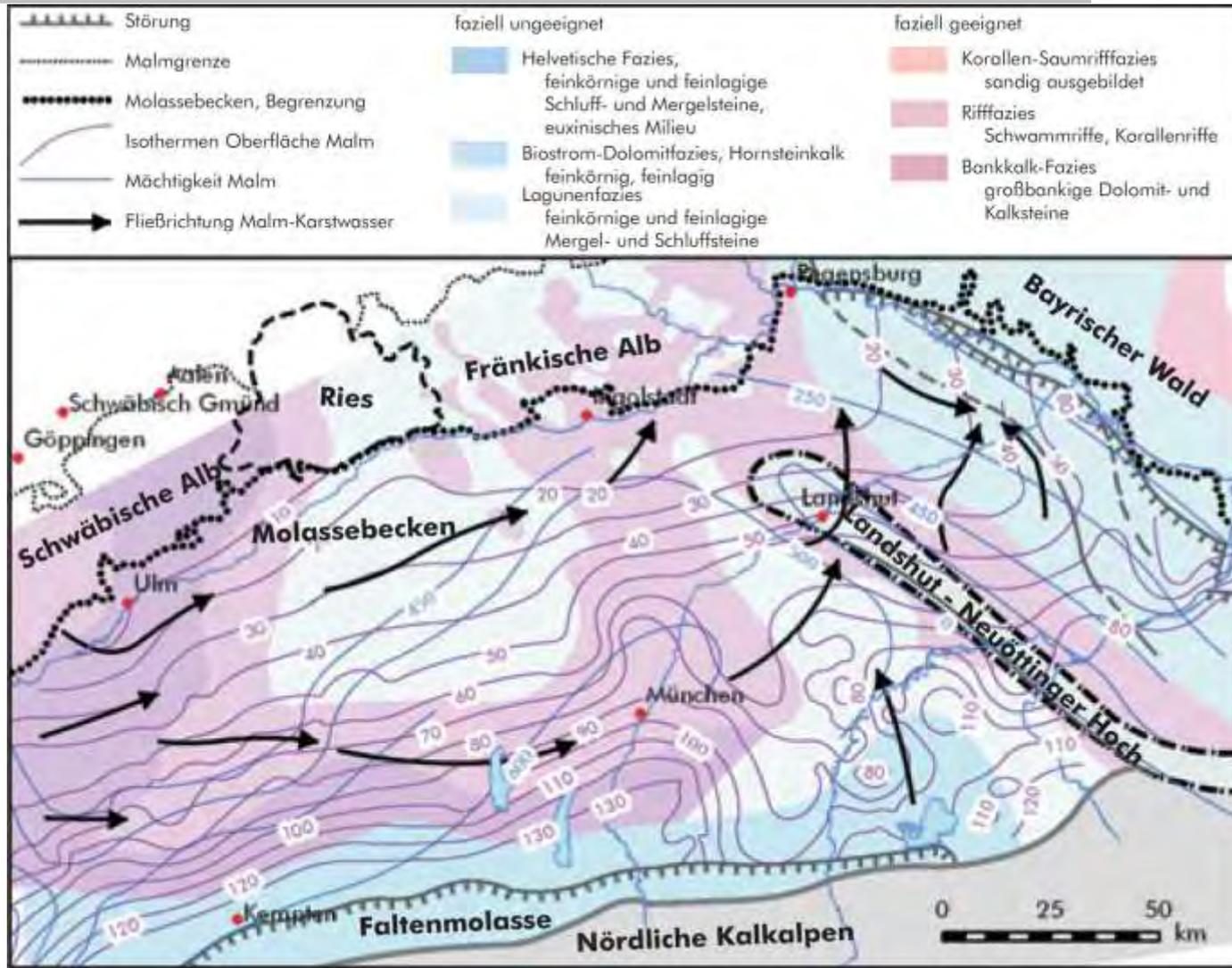


Beispiel Bohrung Ravensburg GB1 => Die Gesteine des Malm der helvetischen Fazies sind dagegen insgesamt als gering bis sehr gering durchlässig einzustufen.



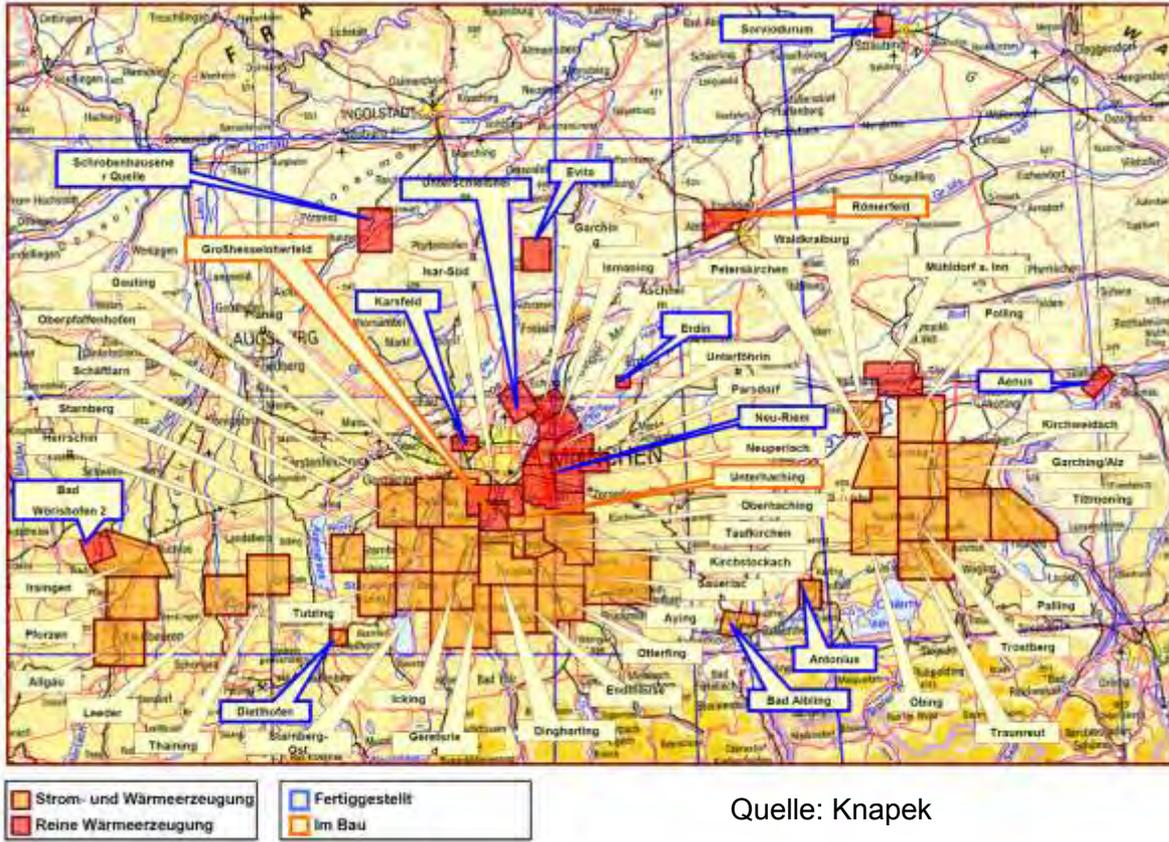


# IV. STROM AUS DER TIEFE?



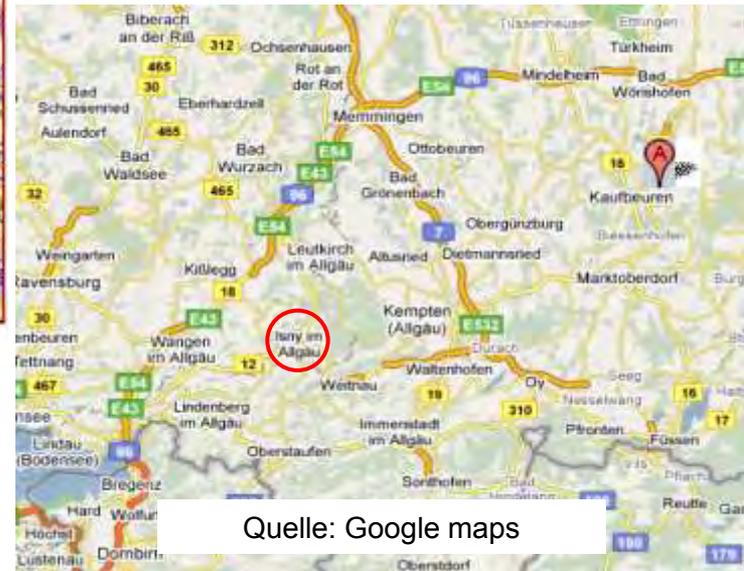
Verschiedene Quellen:  
aus GTN aktuell  
Januar 2005

# IV. STROM AUS DER TIEFE?



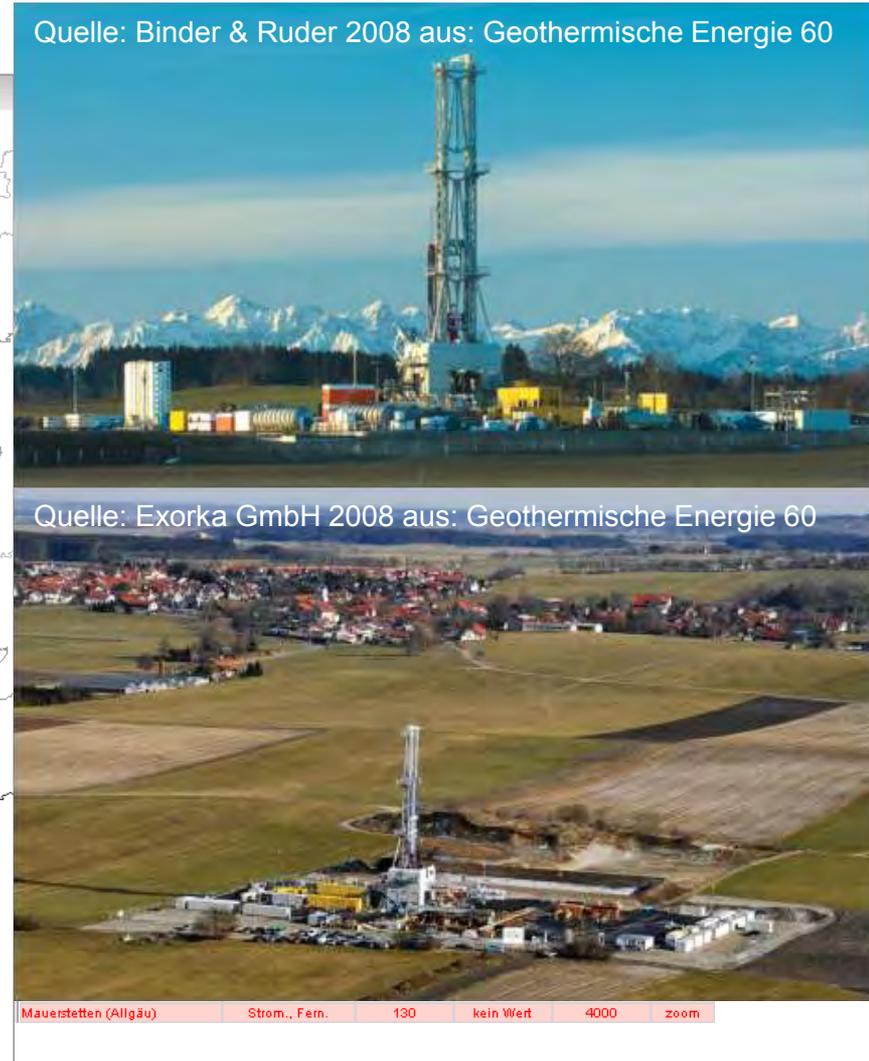
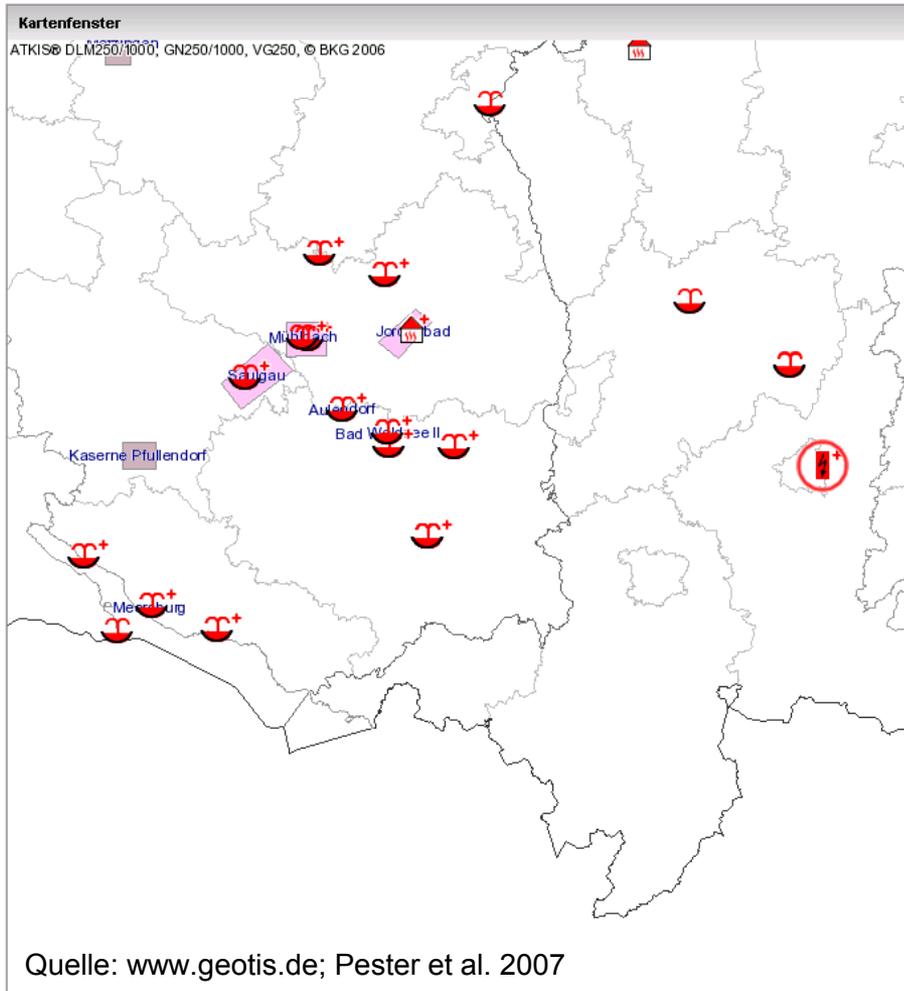
Quelle: Knappek

Erteilte Erlaubnisfelder, Stand: 24. Oktober 2005



Quelle: Google maps

# IV. STROM AUS DER TIEFE?



# Geothermie Allgäu 2.0

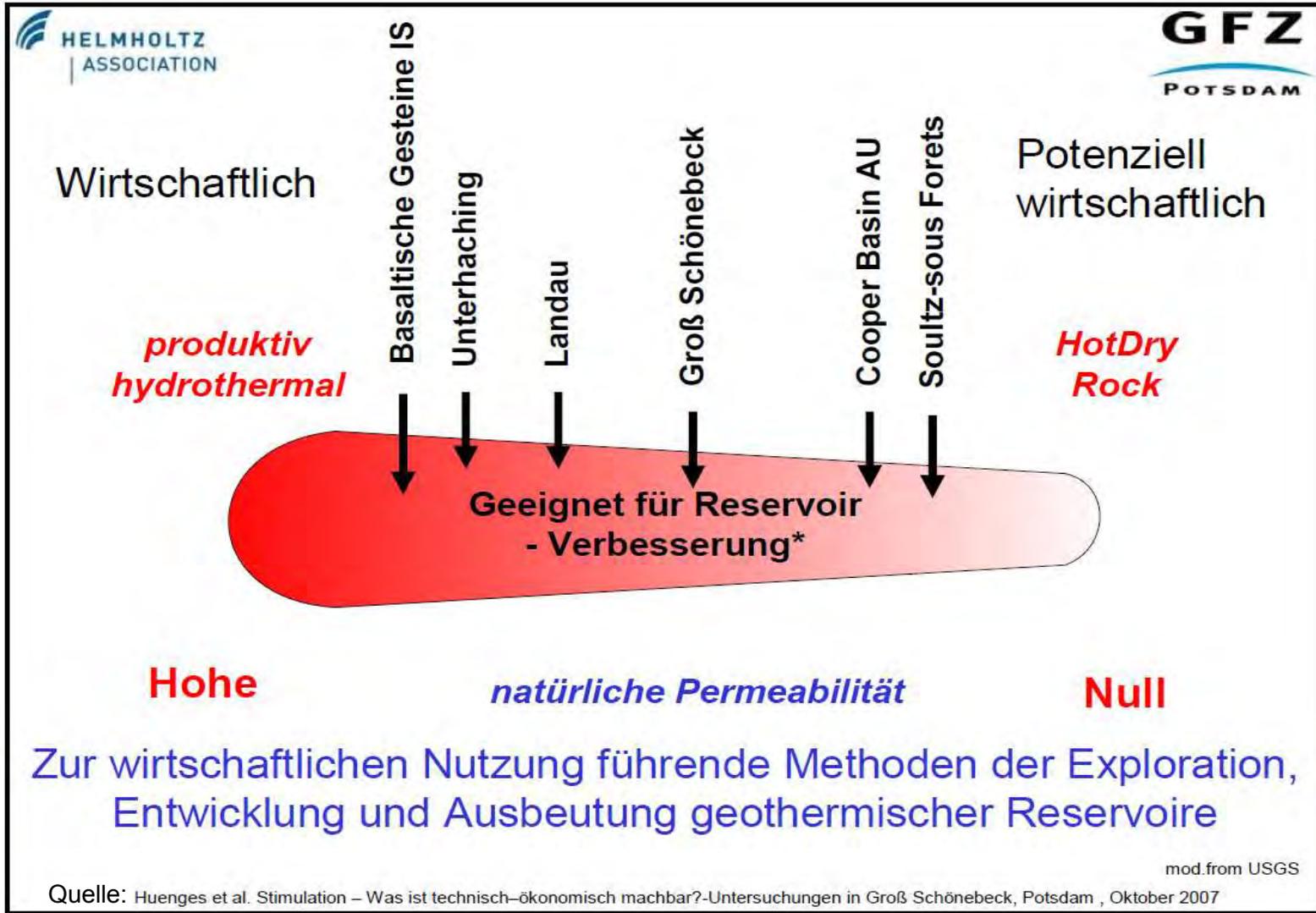
## Reservoirertüchtigung Malm in Bohrung Mauerstetten

**Gesamtkoordination des Projekts: Christina Schrage GeoT, Karlsruhe**  
**Verbreitung der Ergebnisse: Sabine Volland GeoT, Außenstelle München**

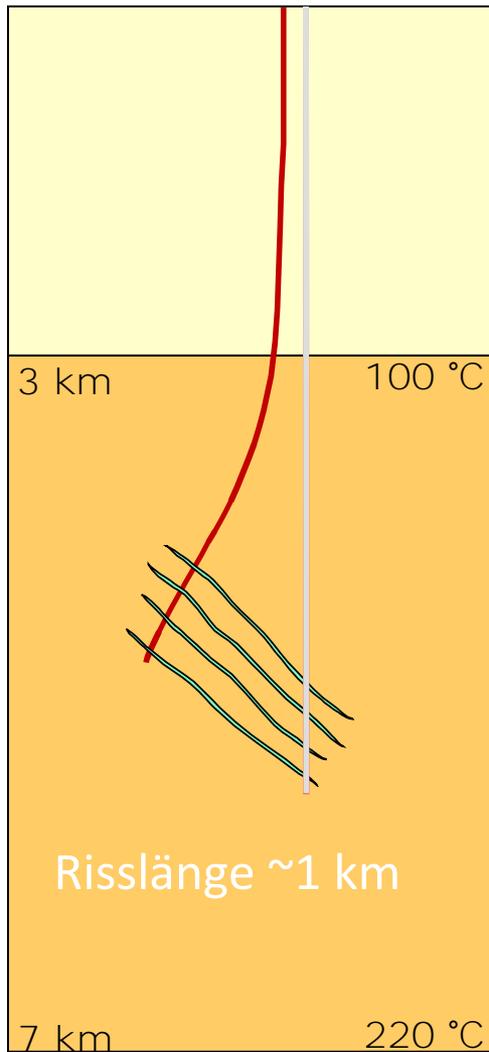
**exorka** Exorka GmbH, München  
TU Bergakademie Freiberg  
GFZ Potsdam  
und zahlreiche weitere spezialisierte Firmen

**Das Forschungsprojekt wird vom BMU gefördert**

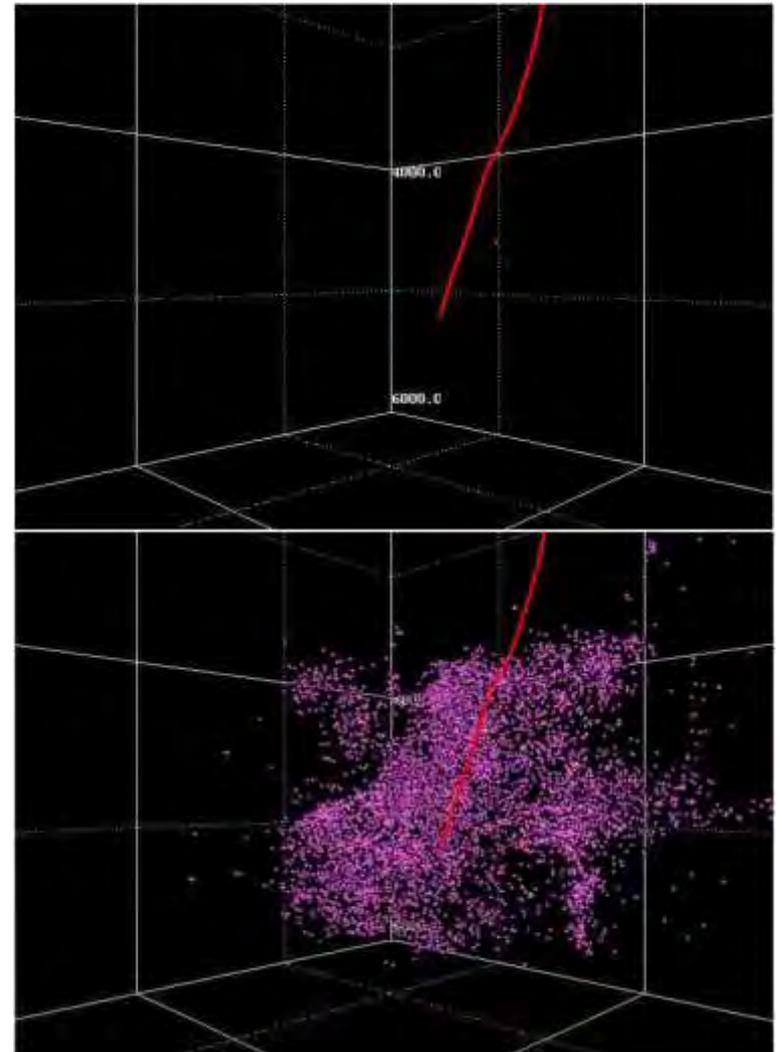
**Es ist empfehlenswert die hoffentlich positiven Ergebnisse dieses Projekts abzuwarten, bevor in Isny ein ähnliches Projekt im Bereich der Tiefengeothermie geplant werden kann.**



# IV. STROM AUS DER TIEFE?



Quelle: Geozentrum Hannover



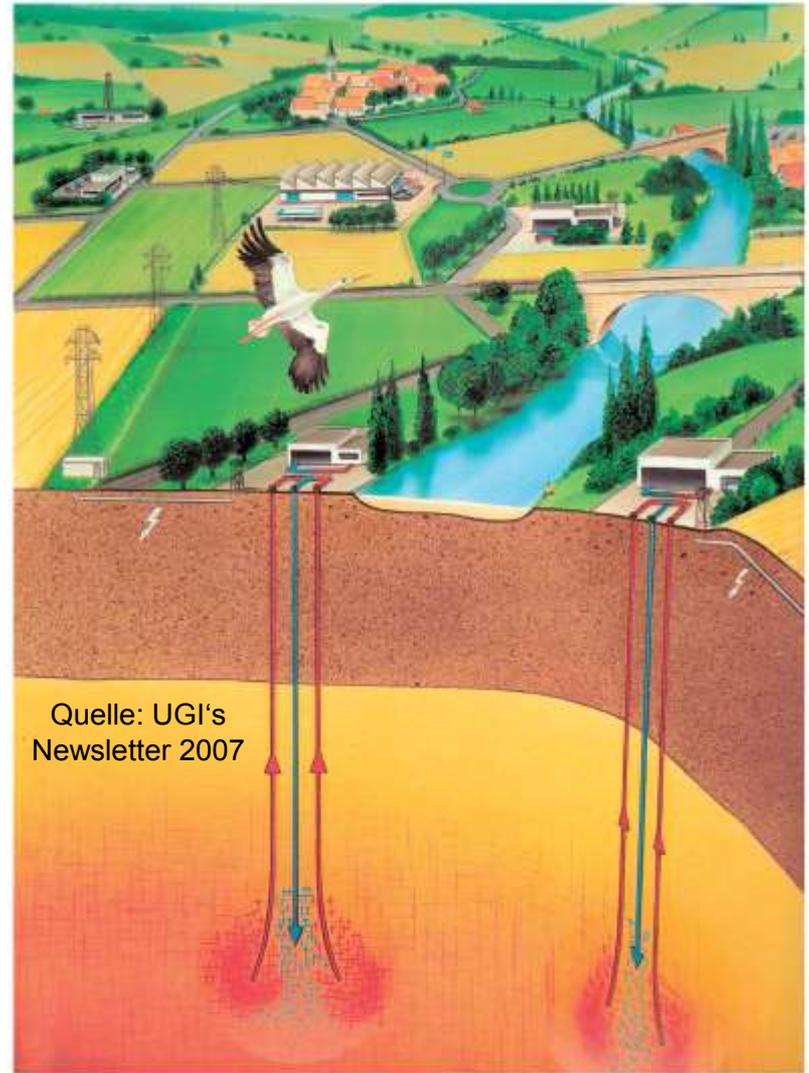
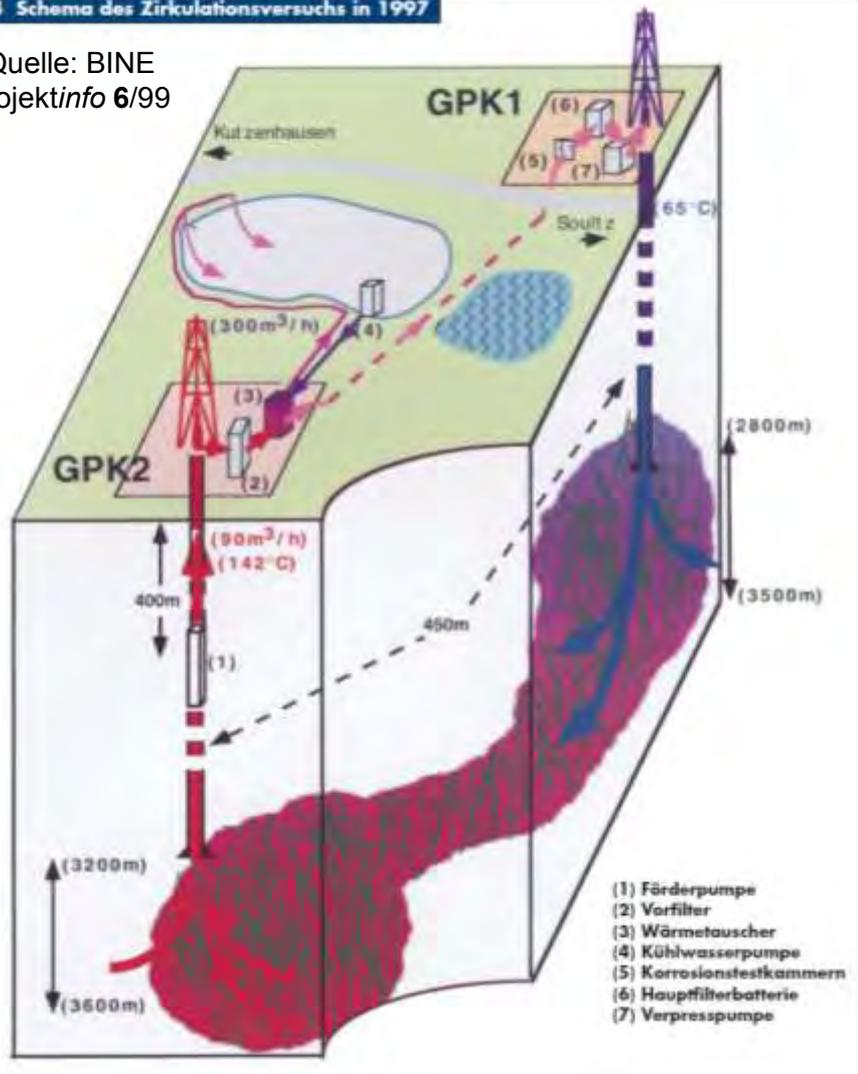
Stimulation Bohrung GPK2, 2000

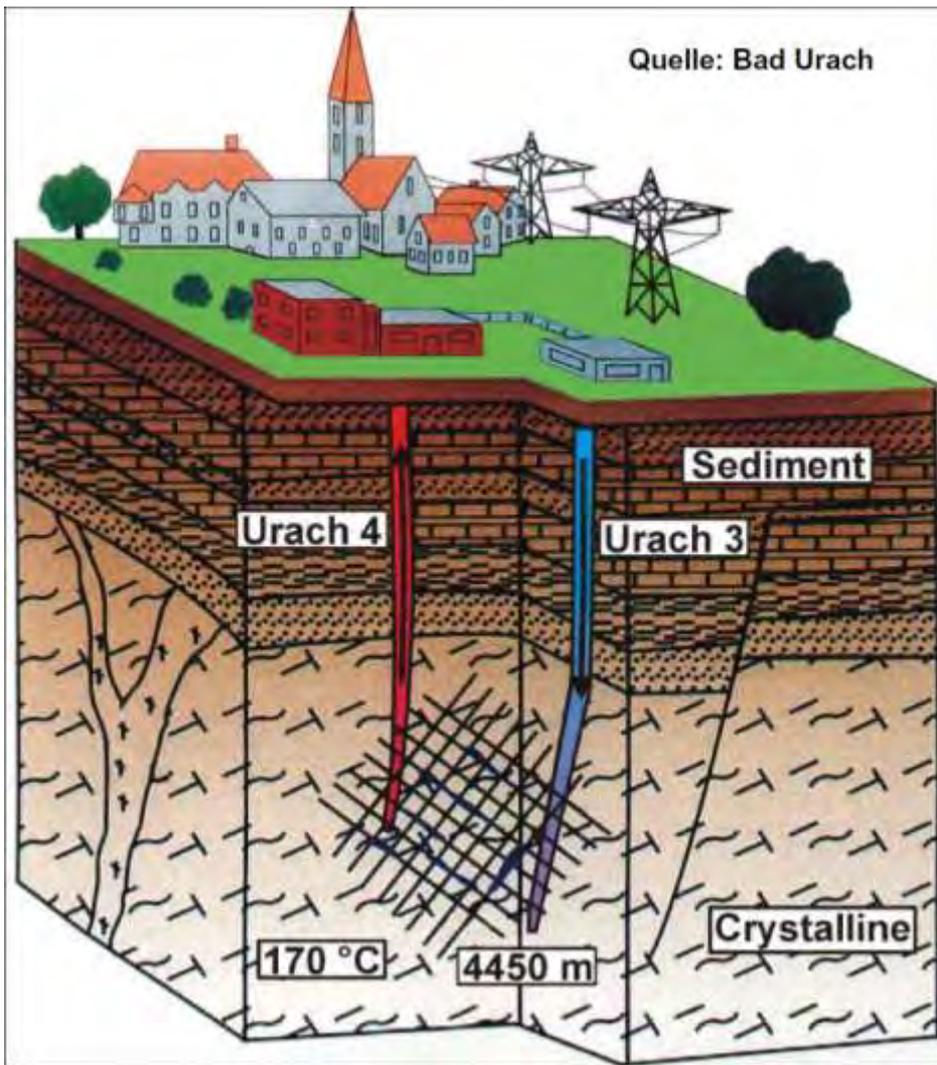
Quelle: Asanuma et al. 2002

# IV. STROM AUS DER TIEFE?

Abb 4 Schema des Zirkulationsversuchs in 1997

Quelle: BINE  
projektinfo 6/99



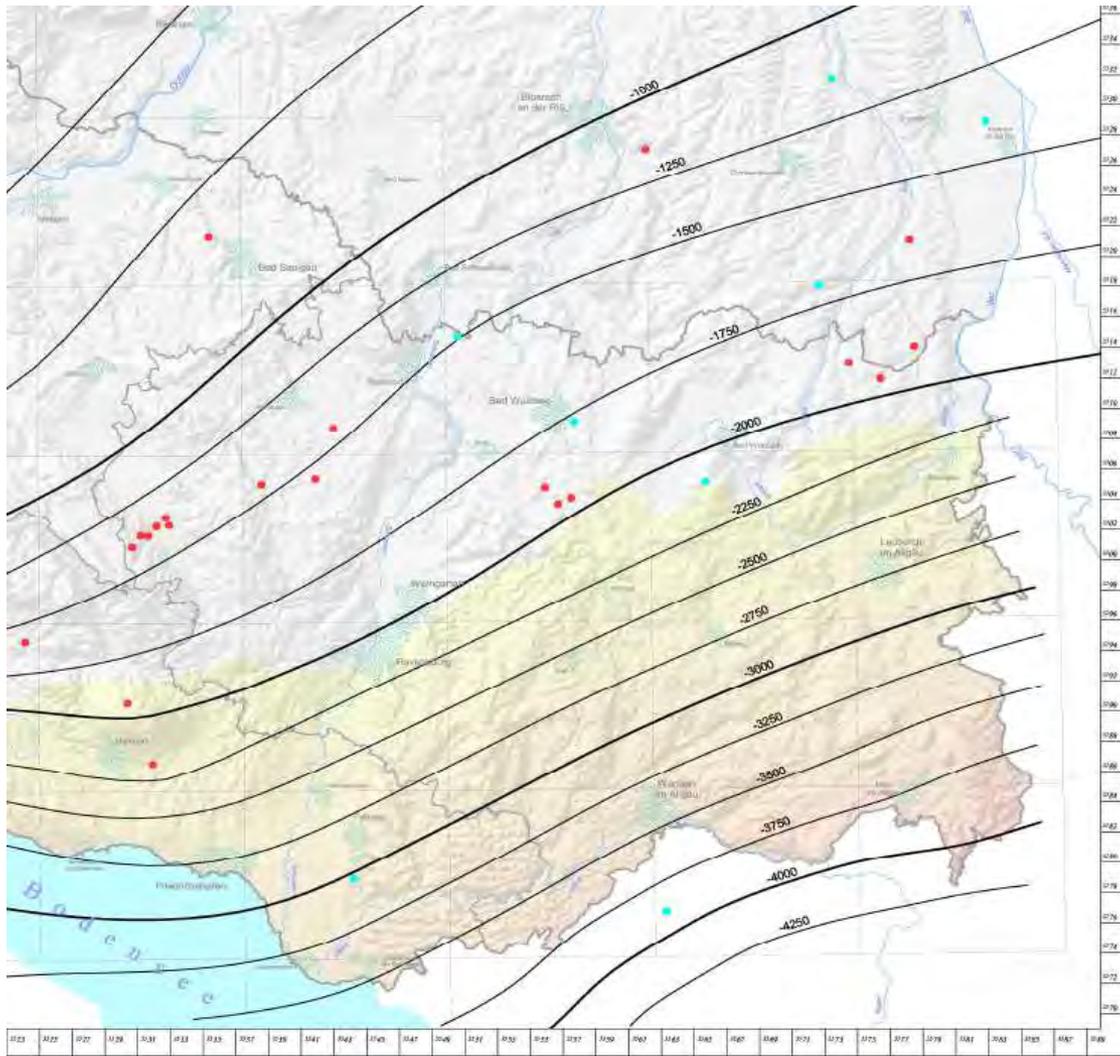


In Soultz im Oberrheingraben hat die Stimulation des Untergrundes zu einer 20fachen Erhöhung der Durchlässigkeit des Gebirges geführt, während in Bad Urach auf der Schwäbischen Alb ein deutlich geringeres Ergebnis erreicht werden konnte.

Die geologische Situation in Isny für ein HDR- (EGS-) Projekt im Grundgebirge könnte ungünstiger sein als in Bad Urach!

Der Oberrheingraben (ORG) eignet sich für die Stromproduktion sowohl mittels EGS als auch durch die Nutzung natürlicher Thermalwasser-Vorkommen im Untergrund am besten in Deutschland (im ORG liegen die höchsten Thermalwasser-Temperaturen vor). Das Molassegebiet im Alpenvorland eignet sich am besten zur Nahwärme-Versorgung und in günstigen Fällen auch zur Strom-Erzeugung. In Isny ist derzeit noch keine wirtschaftliche Stromerzeugung aus Tiefengeothermie zu erwarten.

# IV. STROM AUS DER TIEFE?



Tiefe Geothermie Bodensee-Oberschwaben:

### Schichtlagerung und Temperaturen der Oberfläche Kristallines Grundgebirge

Belegpunkte für die Schichtlagerung des Kristallins (KR)

- Bohrung erreicht Kristallin (Hohe der Oberfläche)
- Bohrung erreicht Kristallin nicht (maximale Höhe der Oberfläche)

Höhenlage des Kristallins (KR)  
(nach KÄMPFE 1984)  
(m NN)

- ∩ 1000 m - Isohypse
- ∩ 250 m - Isohypse

Temperatur > 100°C an der Oberfläche des  
Kristallins (KR) unter Annahme eines geother-  
mischen Gradienten von 3 K pro 100 m  
(nach GGA & LGRB, in Bearbeitung)  
(°C)

- 100 - 109
- 110 - 119
- 120 - 129
- 130 - 139
- 140 - 149
- 150 - 159
- 160 - 167
- < 100, keine Daten

TK25-Blattschnitt

- ∩ Regionsgrenze
- ∩ Landkreisgrenze

M 1 : 200 000

Anlage 16

2006





Regierungspräsidium Freiburg  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

ALGRB - Mapserver

Geowissenschaftliche Übersichtskarten



Quelle: [www.seismo.ethz.ch/.../basler\\_chronik.gif](http://www.seismo.ethz.ch/.../basler_chronik.gif)  
Holzschnitt des Schweizer Künstlers Greaor Sickinger (1558-1631)



Quelle: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erdbeben\\_Basel\\_Jauslin.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erdbeben_Basel_Jauslin.JPG)  
Gemälde des Schweizer Künstlers Karl Jauslin (1842-1904)

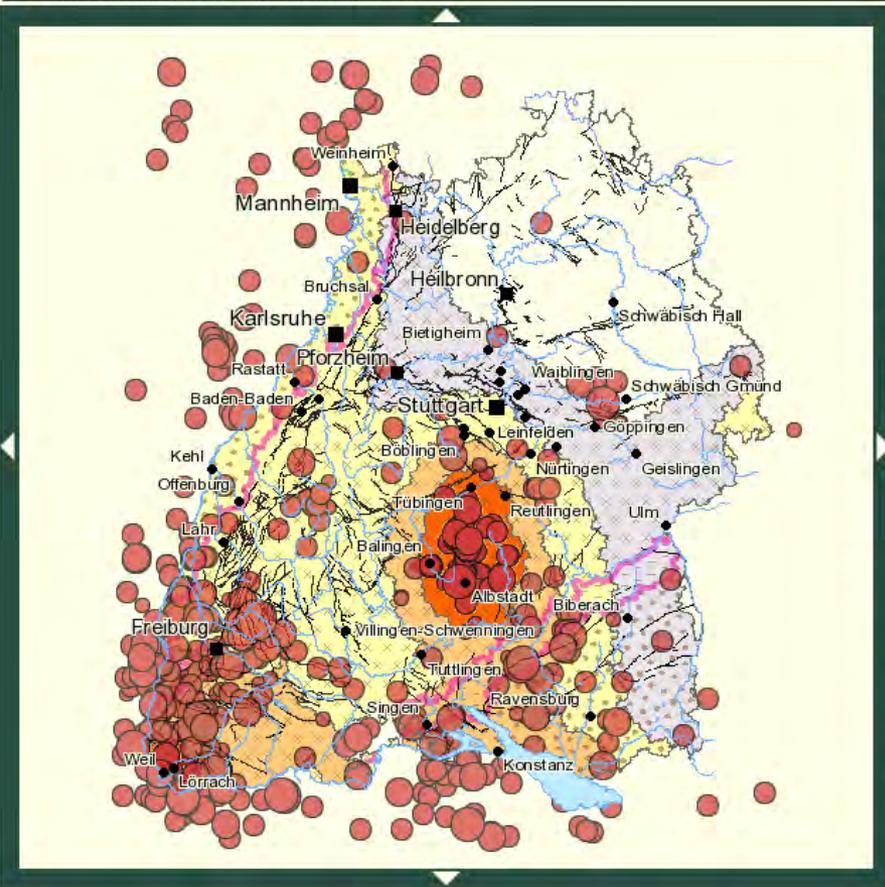


Regierungspräsidium Freiburg  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Albstadt am  
3.9.1978: M = 5,7

ALGRB - Mapserver

Geowissenschaftliche Übersichtskarten



Quelle: [www.albstadt.de/.../einsaetze/erdbeben.jpg](http://www.albstadt.de/.../einsaetze/erdbeben.jpg)

**Davor in Albstadt am 16.11.1911:  
M = 6,1**

Gemarkung/Gemeinde:

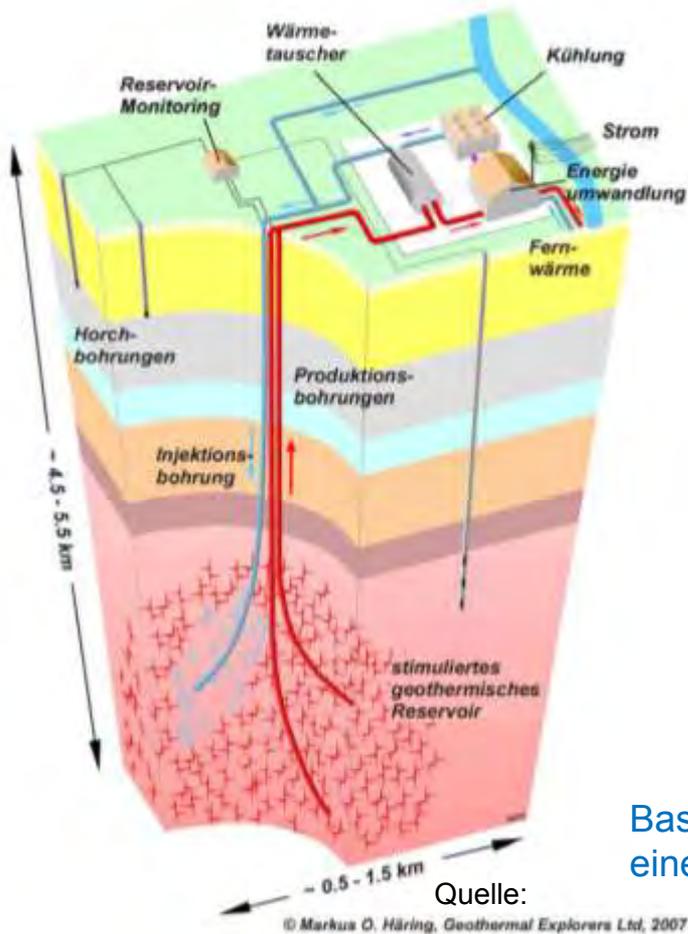
Ebenen	Informationen	Legende
<b>Topographie</b>		
<b>ERD: Epizentren 1996 - 2007</b>		
		● Magnitude bis 0,5 (Richter-Skala)
		● Magnitude >0,5 bis 1,5 (Richter-Skala)
		● Magnitude >1,5 bis 2,5 (Richter-Skala)
		● Magnitude >2,5 bis 3,5 (Richter-Skala)
		● Magnitude >3,5 bis 4,5 (Richter-Skala)
		● Magnitude >4,5 bis 5,5 (Richter-Skala)
<b>GüK300: Tektonik</b>		
		— Störung bzw. Überschiebung, nachgewiesen
		— Störung, vermutet



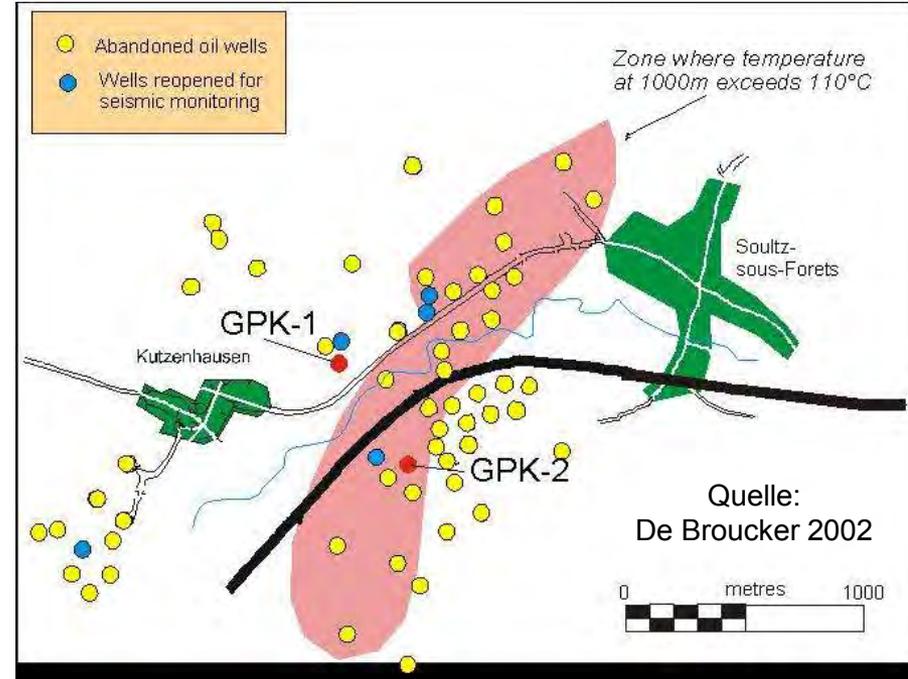
Schäden vom Albstadt-Beben in Tailfingen  
Quelle: [http://nadine.helmholtz-eos.de/risks/earthquake/info/eq\\_seism\\_de.html](http://nadine.helmholtz-eos.de/risks/earthquake/info/eq_seism_de.html)



Quelle: <http://sobel.lbb.rwth-aachen.de/dgeb/fig/Albstadt.jpg>



Soultz Geothermiebohrung: Das stärkste durch die Stimulation verursachte Beben hatte eine Magnitude von 2,9.



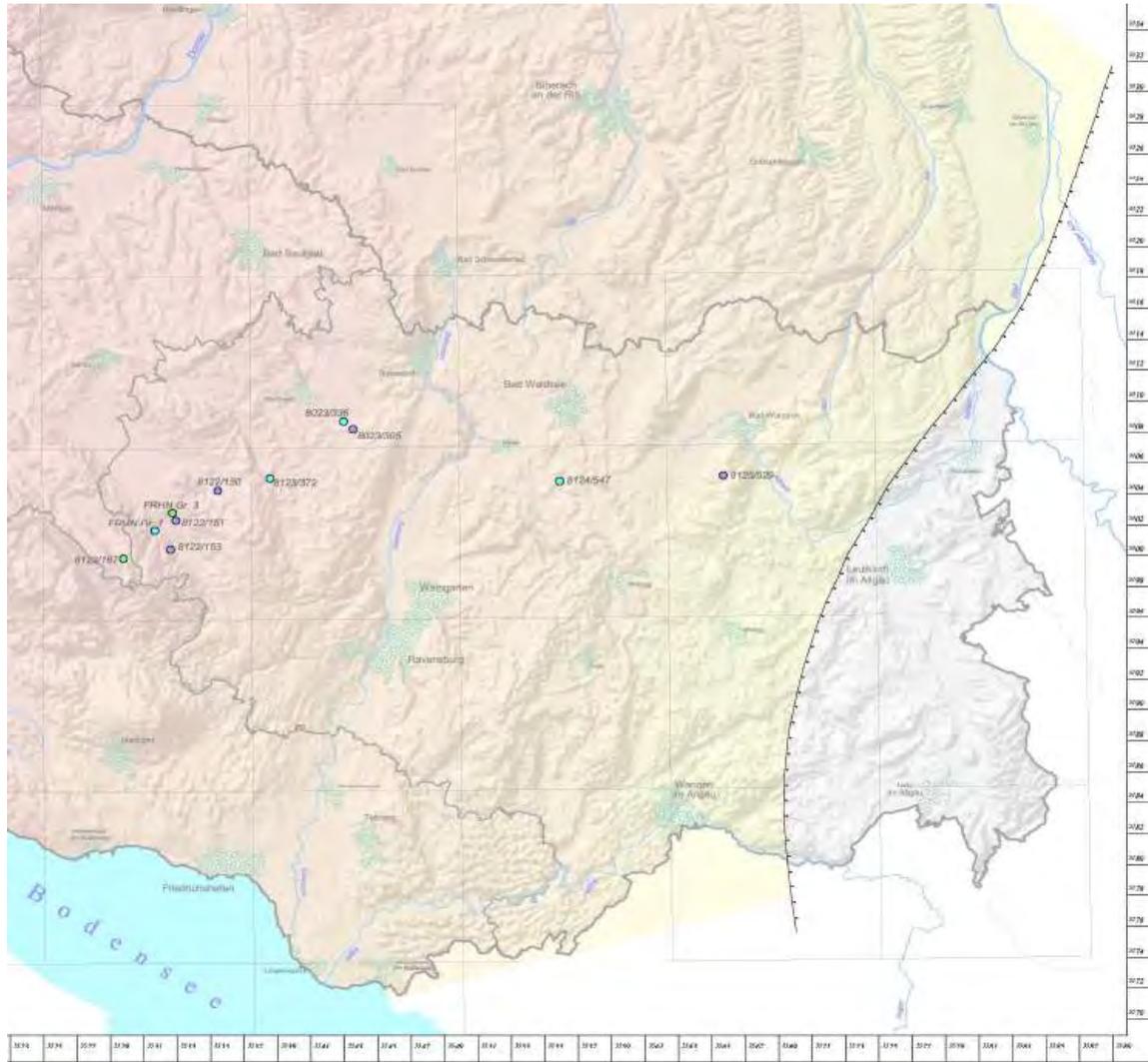
Basel: Am 18. Oktober 1356 ereignete sich ein natürliches Erdbeben mit einer Magnitude von 6,5 => 44668 mal mehr Energiefreisetzung als M 3,4  
 Albstadt 3.9.1978 (M 5,7) war 2818-fach stärker als Basel (M 3,4)

Basel Geothermiebohrung: Am 8. Dezember 2006 ereignete sich ein Erdstoß mit einer Magnitude von 3,4.

Es müssen dabei 2 Arten von Erdstößen unterschieden werden: *Beben infolge der Reservoirstimulation* (*„induzierte“ Beben*) und das unerwünschte Auslösen von *„natürlichen“ Erdbeben* (*„getriggerte“ Beben*)

Quelle: Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt 2008

# IV. STROM AUS DER TIEFE?



Tiefe Geothermie Bodensee-Oberschwaben:  
 Durchlässigkeit (T/H) und Mächtigkeit des Oberen Muschelkalks

Durchlässigkeit des Oberen Muschelkalks (m/s), ermittelt aus Drucktests in Erdöl- und Erdgasbohrungen (m/s)

- größer  $10^{-7}$
- $10^{-7}$  bis  $10^{-8}$
- $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$

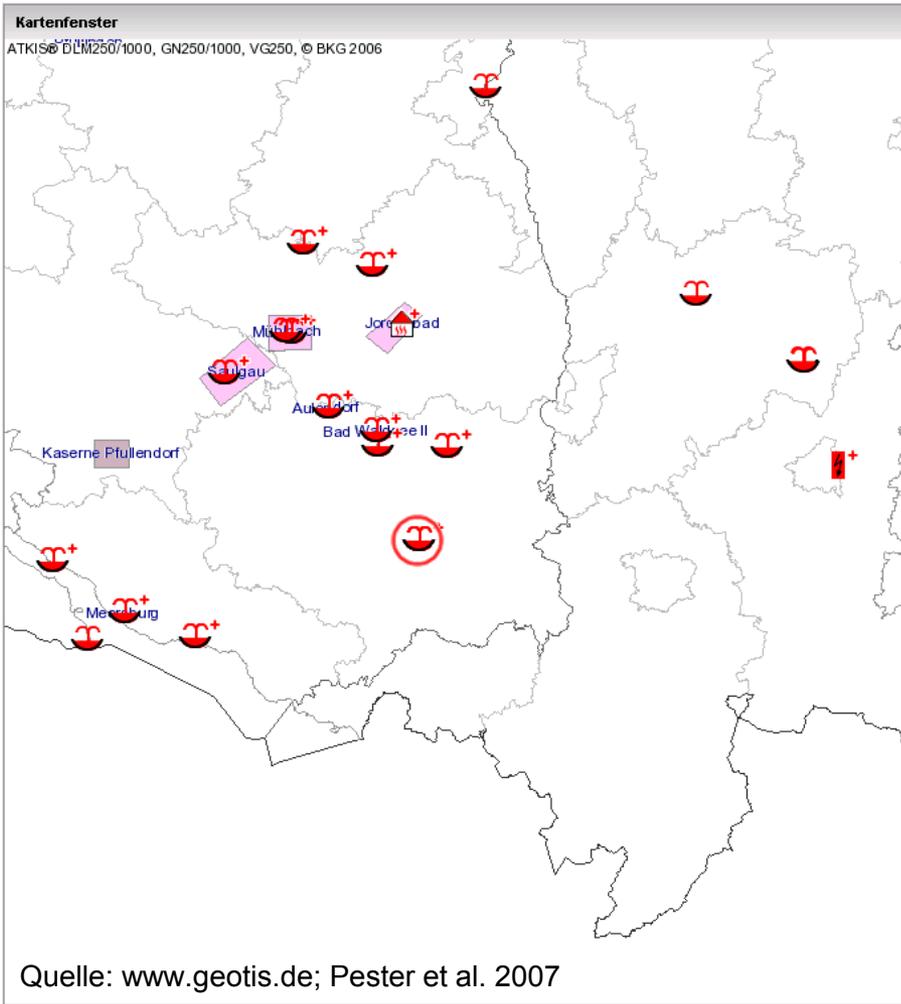
Mächtigkeit des Oberen Muschelkalks (m)

- 0 - 7
- 8 - 15
- 16 - 23
- 24 - 30
- 31 - 38
- 39 - 46
- 47 - 53
- 54 - 61
- 62 - 69
- 70 - 77
- nicht vorhanden, keine Daten

- ▲ Ostgrenze der Verbreitung des Oberen Muschelkalks (mo)
- 8223/2 LGRB-Archivnummer der Bohrung (s. Anlage 21)
- TK25-Blattschnitt
- Regionsgrenze
- Landkreisgrenze

M 1 : 200 000 Anlage 13

Der Muschelkalk ist in Isny im tiefen Untergrund nicht vorhanden. Somit entfällt auch diese Möglichkeit natürlich vorkommendes Thermalwasser zu nutzen.



Quelle: Binder & Ruder 2008  
 aus: Geothermische Energie 60

Der Bohrplatz des TI-350 nimmt lediglich eine Fläche von 30 x 80 m ein.

So eine große Bohranlage wäre für eine 1000m Bohrung nicht notwendig

KiBlegg, Otto, B12	Thermal., Gebäude.	31,2	4,9	944	zoom
KiBlegg, Otto, B13	Thermal., Gebäude.	33,3	kein Wert	944	zoom

## Bad Waldsee

Malm war dicht  
(schwäbische Fazies)

mo war auch dicht

=>

OMM Zufluss bei  
376-415 & 534-536m  
10l/s mit 26-34°C

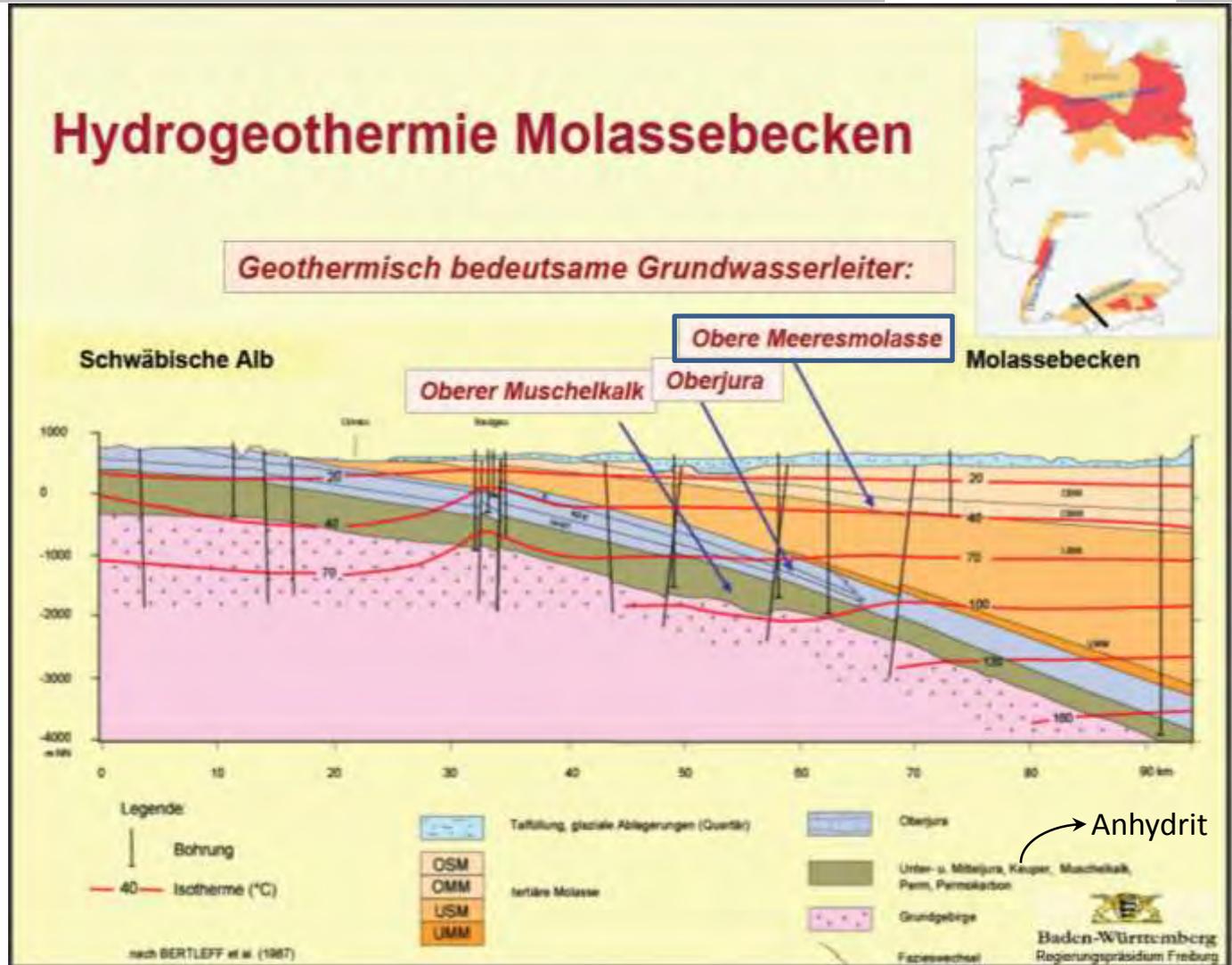
## Ravensburg

Malm war dicht  
(helvetische Fazies)

=>

OMM Zufluss bei  
424-604m  
(arthesisch 2,6l/s)  
15l/s mit 26-33°C

Quelle: Bertleff et al. (1987)





Regierungspräsidium Freiburg  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

**GEOTH: Grundwasserwärmepumpen**

▼ Wärmepumpen

**GEOTH: Gemeldete Erdwärmesonden**

- Erdwärmesonden mit ET 0 - 50 m
- Erdwärmesonden mit ET > 50 - 100 m
- Erdwärmesonden mit ET > 100 - 150 m
- Erdwärmesonden mit ET > 150 - 200 m
- Erdwärmesonden mit ET > 200 m

**LGRB - Mapserver**

Geowissenschaftliche Übersichtskarten



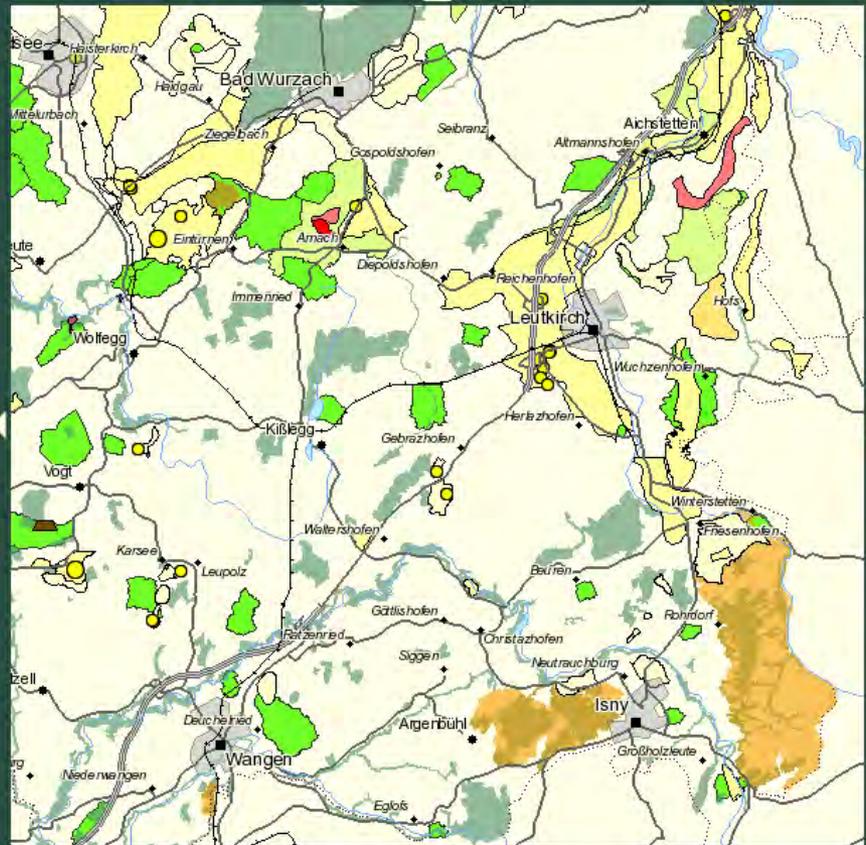
Ebenen	Informationen	Legende
<input type="checkbox"/>	Mehrfachauswahl	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Topographie</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Relief</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Grundwasserwärmepumpen</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Gemeldete Erdwärmesonden</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>BRS: Erdwärme (Geothermie)-konzessionen</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Untergrundtemperaturen</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Untergrundtemp. 2500 m u. Gelände</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Untergrundtemp. 2000 m u. Gelände</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Untergrundtemp. 1500 m u. Gelände</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Untergrundtemp. 1000 m u. Gelände</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Untergrundtemp. 500 m u. Gelände</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>GEOTH: Untergrundtemp. 300 m u. Gelände</b>	



Regierungspräsidium Freiburg  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau



**LGRB - Mapserver**  
Geowissenschaftliche Übersichtskarten



**Maßstabsbereiche**

T0k500    0k1000    0k

0 1 2 3 km

150 250 350 500 750    1:150000

**Themenauswahl**

Rohstoffe Warnhinweis-Info

**Navigationshilfe**

Gemarkung/Gemeinde:

**Ebenen**    **Informationen**    **Legende**

**RüK350: Oberflächennahe mineralische Rohstoffe**

- Kiese, sandig - nachgewiesen
- Kiese, sandig - prognostiziert

**Nutzungskonflikte**

- RüK350: Abbaubetriebe in NATURA 2000 - Gebieten**
- RüK350: Abbaubetriebe in Wasserschutzgebieten**

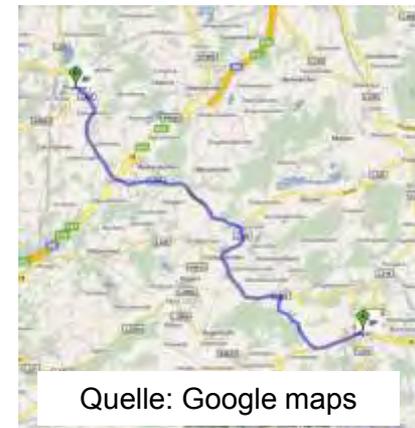


Künftiger Tourismusbonus „Wellness“ auch für Isny?



Thermalbäder Bad Saulgau und Bad Waldsee  
Quelle: [www.reisch-bau.de](http://www.reisch-bau.de)

Entscheidend für Projekterfolg: Vermeidung von Konkurrenz:  
In Kißlegg gibt es schon eine 944m tiefe Thermalwasserbohrung  
Entfernung Isny-Kißlegg: 21 km



Quelle: Google maps

- ▶ Nutzung der Restwärme des Thermalbades (Temperaturniveau etwa 30 - 40 °C)



- ▶ Wärmetransport ins Wohngebiet
  - 24 Einfamilien- / 50 Bestandshäuser
  - 243 Reihenhäuser
  - 1 Kindertagesstätte



**Wärmebedarf: 4.300 MWh**

**Leistung 1.500 kW<sub>th</sub>**

→ verschiedene Lastprofile der Verbraucher

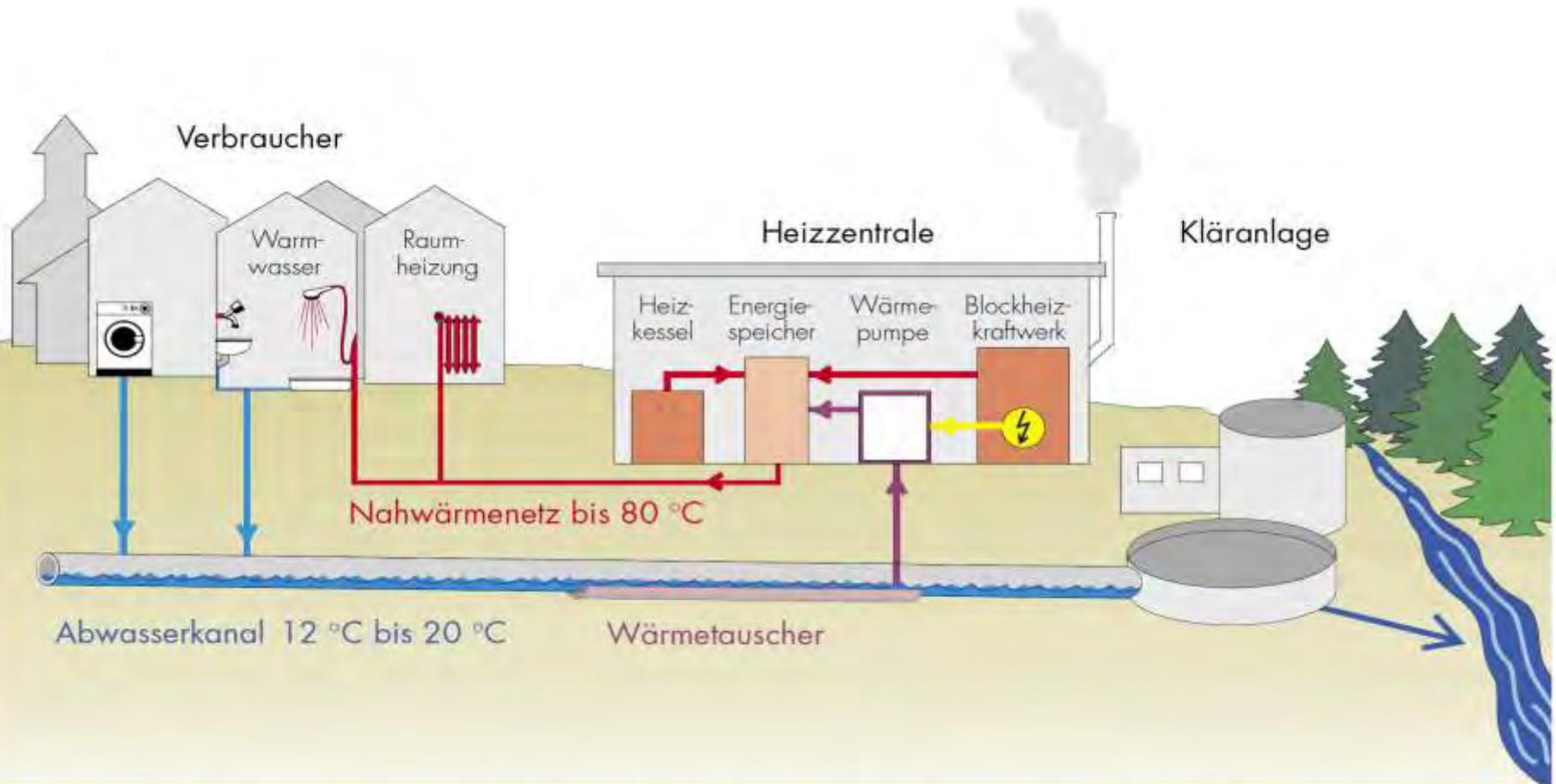
→ keine gleichzeitigen Lastspitzen

## Alternativen für die Wärmeversorgung

Geothermie + Erdgasspitzenkessel  
Wärmepumpe

Geothermie + Biomassespitzenkessel  
Wärmepumpe

Quelle: Schmitt (2006)



Funktionsweise der Abwasserwärmenutzung: Die Energierückgewinnung aus Abwasser ist ein sinnvoller Kreislauf.  
(Grafik: Staubli)

Quelle: Bundesverband WärmePumpe (BWP) e.V.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

