


# Grundlagen der Erdwärmenutzung

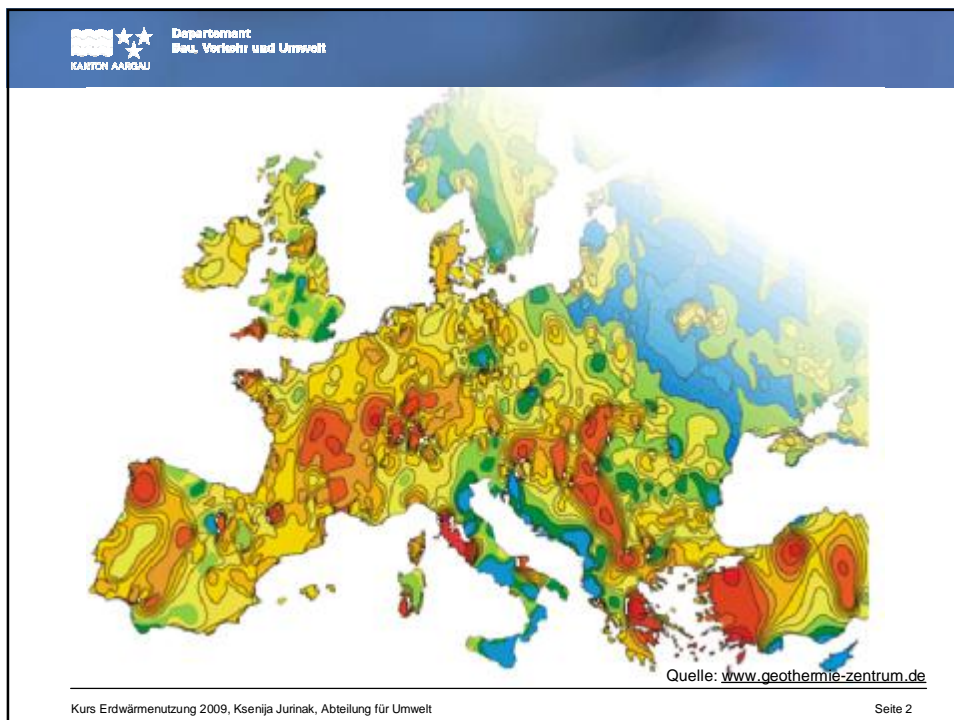
## Kurs Erdwärmenutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt

 **Departement  
Bau, Verkehr und Umwelt**

### Erdwärmenutzung im Kanton Aargau Teil 1: Grundlagen der Erdwärmenutzung

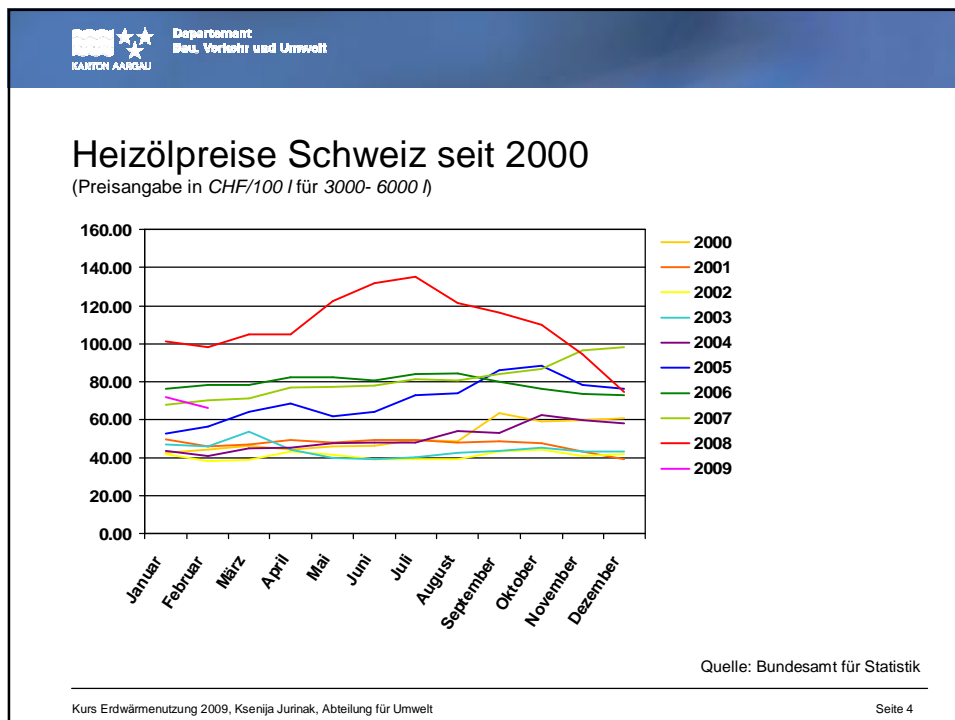
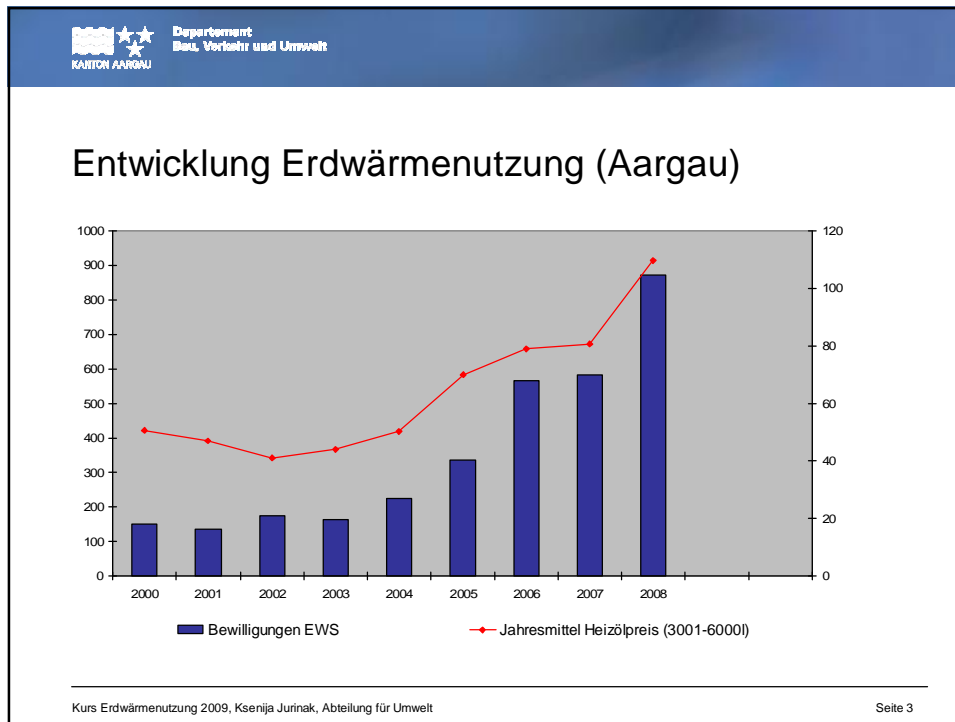
- Entwicklung Erdwärmenutzung (Aargau)
- Hintergründe Erdwärmeboom
- Standpunkt BFE (Bundesamt für Energie)
- Prinzip Wärmepumpe
- Anlagearten

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 1



# Grundlagen der Erdwärmenutzung

## Kurs Erdwärmenutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt



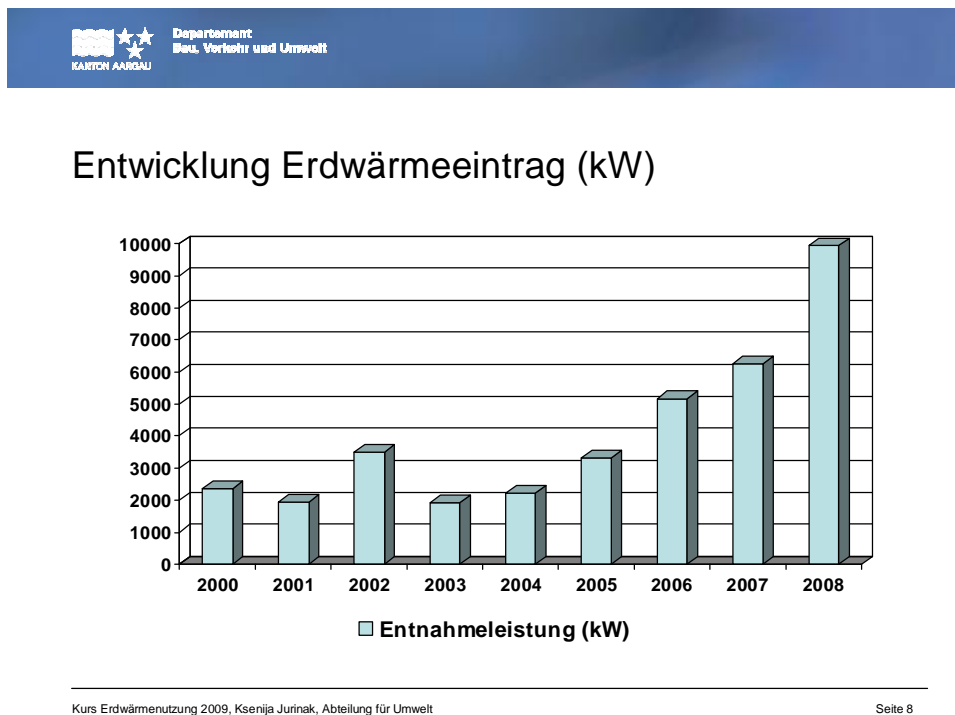
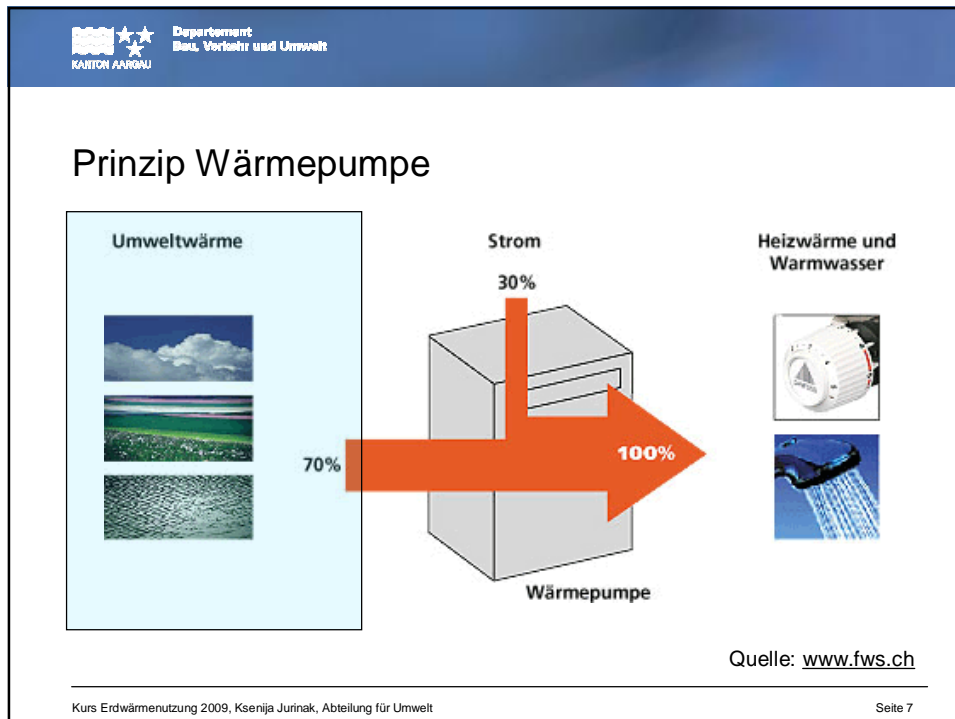
### Hintergründe Erdwärmeboom

- Steigender Ölpreis (ca. 137 Dollar pro Barrel, Juli 2008)
- Förderbeiträge für Erdwärmenutzung
- Lange Lebensdauer (Amortisierung Investitionskosten)
- Erhöhter Stellenwert Umwelt (Klimaerwärmung, CO<sub>2</sub>-Reduktion)
- Anstehende Ölheizungssanierungen
- Besser gedämmte Gebäudehüllen (z. B. Minergie)
- Verbesserte Wärmepumpentechnik
- Bestehende Haustechnik nutzbar (Radiatoren, Fussbodenheizung)
- Raumgewinn (Abbruch Heizöltank)

### Standpunkt Bundesamt für Energie (BFE)

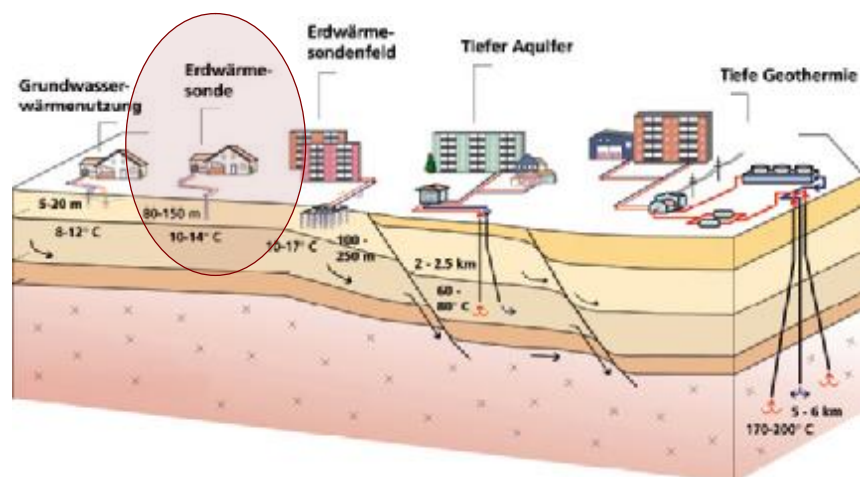
#### Vorteile Geothermie

- Bandenergie, bedarfsgerecht abrufbar
- Emissionsfreie Energiequelle
- Erneuerbare, nachhaltige Energie
- Einsatz für Wärme- und Kältegewinnung
- Geringer Platzbedarf an der Erdoberfläche
- Wirtschaftliche Energieerzeugung
- Langfristige Energieperspektiven
- Produktion der Wärme am Ort des Bedarfs



## Arten von Erdwärmenutzung

- Oberflächennahe Geothermie (ca. 8 - 17°C)
  - Erdwärmesonden
  - Erdwärmesondenfelder
  - Grundwasserwärmenutzung
  - Erdwärmekörbe, Erdregister
  - Energiepfähle
- Mitteltiefe Geothermie: Tiefe Aquifere, Thermalwasser (ca. 60 - 80°C)
  - Aquifer = grundwasserführende Schicht
- Tiefe Geothermie (ca. 170 - 200°C)



Quelle: Grafik S. Cattin, CREGE

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdwärmesonde

EWS für ein typisches Einfamilienhaus

Wärmepumpe (Leistung von 7-8 kW)

Bodenheizung (35° C)

Bohrung (Durchmesser von 10-15 cm)

U-Rohr oder Koaxial

Tiefe und Temperatur der Bohrung (100-200 m, 12-15° C)

Quelle: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

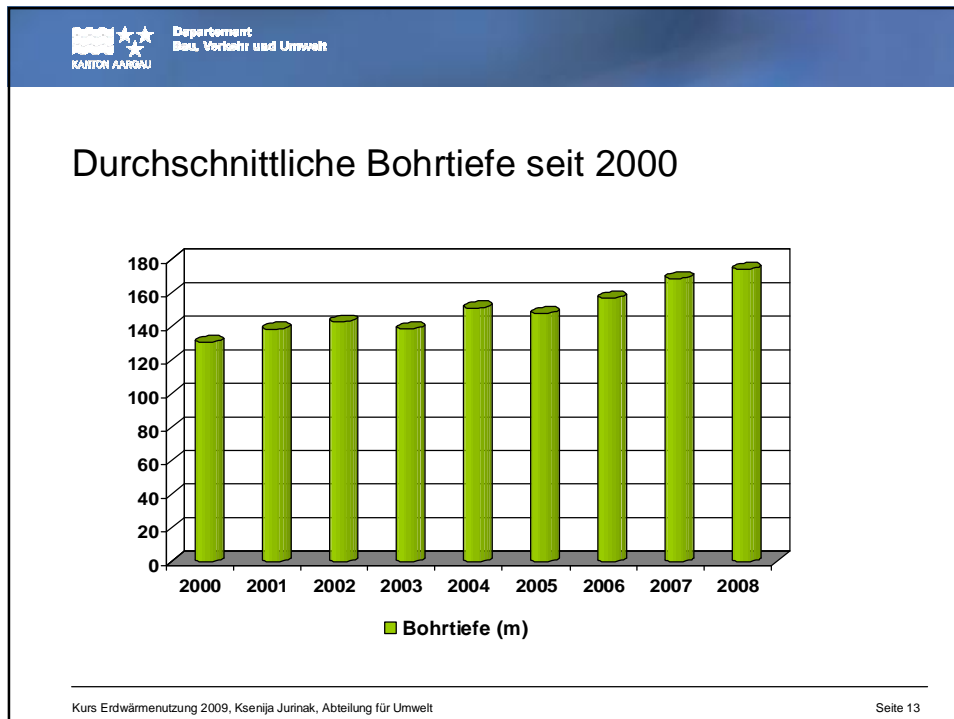
Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 11

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdwärmesonde

- Heizen und Kühlen möglich
- Bei seriöser Planung langfristige Investition
- Bohrarbeiten 1 - 2 Tage inkl. Auf- und Abbau der Bohrmaschine
- Bohrtiefe 100 - 300 m, je nach Wärmebedarf (für EFH meist eine Bohrung)
- Platzierung auf Grundstück
  - Beachtung Grenzabstände
  - Nähe Technikraum (Wärmeverlust minimieren)
- Verbindungsschacht zum Technikraum, Tiefe 1 - 1,5 m
- Verfüllung mit Bentonit-Zement-Suspension
- Anlage nach Einbau nicht mehr sichtbar
- In Grundwasserschutzonen nicht erlaubt

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 12



KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

#### Duplex-Erdwärmesonde

- Ø 25 / 32 / 40 / 50 mm
- PE 100 / PN 16
- nahtlos
- 100 bis 300 m Tiefe
- Leistung ca. 50 W/m
- Lebensdauer > 100 Jahre
- Spülung Bohrloch mit Luftdruck / Klar-Wasser

#### Hinterfüllung mit Zement-Bentonit-Injektion

- Abdichtung des Bodens
- Wärmeankopplung zum Erdreich
- Standardmischung:  
100 kg Bentonit, 200 kg Zement, 900 l Wasser ergibt 1000 l Injektion

Kurs Erdwärmennutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 14

# Grundlagen der Erdwärmenutzung

## Kurs Erdwärmenutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt



Departement  
Bau, Verkehr und Umwelt

### Verschiedene Entzugsleistungen

Allgemeine Richtwerte	Spezifische Entzugsleistung ca. (W/m)	
	1800 h	2400 h
Betriebsstunden Wärmepumpe (pro Jahr)	1800 h	2400 h
Schlechter Untergrund (ungesättigte Zone)	25	20
Lockergesteine (feucht)	40	30
Festgesteins-Untergrund (Sedimentgesteine)	60	50
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit (kristallines Grundgebirge)	84	70

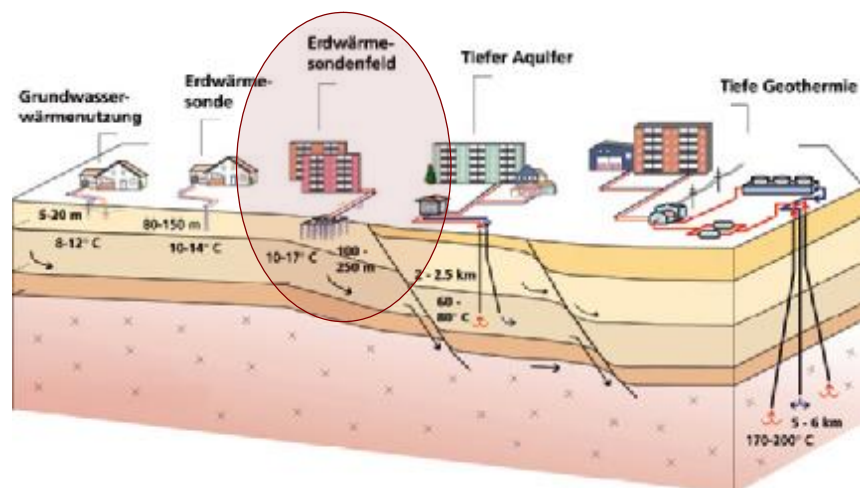
Quelle: Abriss der Ingenieurgeologie, Spektrum

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt

Seite 15



Departement  
Bau, Verkehr und Umwelt



Quelle: Grafik S. Cattin, CREGE

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt

Seite 16



KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdwärmesondenfelder

Quelle: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

Kurs Erdwärmennutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 17

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdwärmesondenfelder

- Grössere Gebäude
- Grösseres Erdspeichervolumen
- Zusammenschluss mehrerer Erdwärmesonden
- Eine oder mehrere Wärmepumpen
- In Grundwasserschutzonen nicht erlaubt

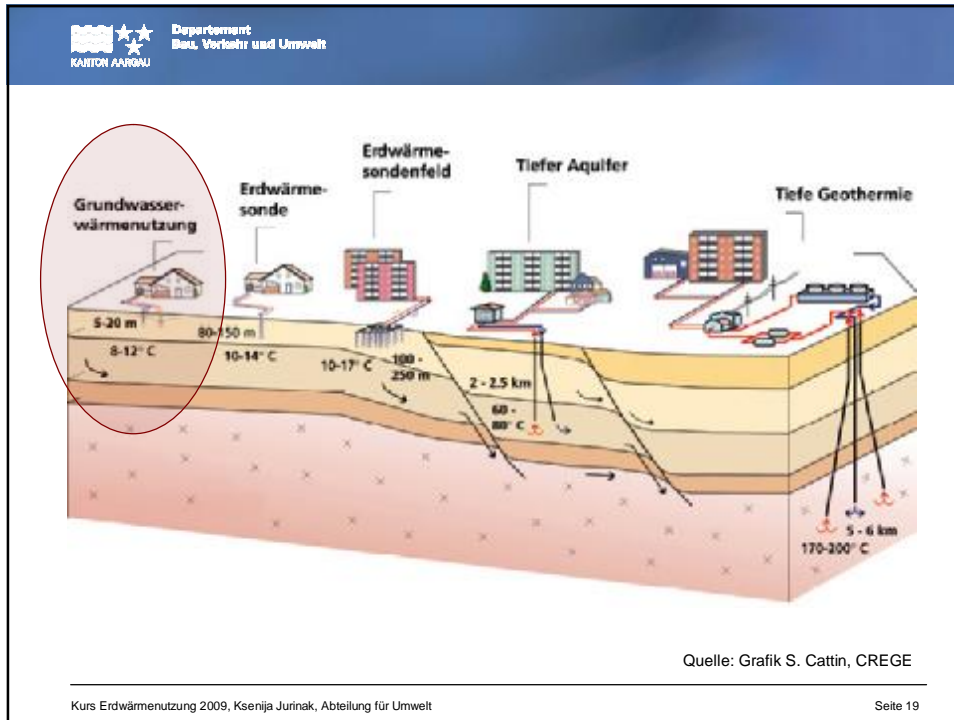
**Beispiele:**

- Hotel The Dolder Grand in Zürich
- Chestonag Automation AG in Seengen

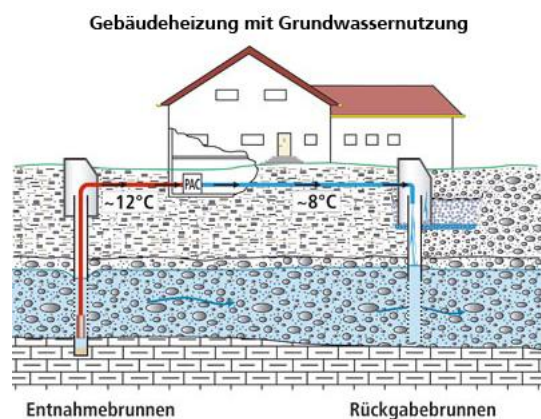
Kurs Erdwärmennutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 18

# Grundlagen der Erdwärmennutzung

## Kurs Erdwärmennutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt



## Grundwasserwärmennutzung



Quelle: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

## Grundwasserwärmenutzung

- Höhere Leistungen als bei Erdwärmesonden
- Grosse Liegenschaften
- Nutzung begrenzt (Grösse und Mächtigkeit Grundwasserkörper)
- Einfluss über Grundstücksgrenzen
- Risiko für Trinkwasser
- Instandhaltung notwendig
- Kühlung bedingt möglich und kostenpflichtig
- In Grundwasserschutzzonen nicht erlaubt

## Anforderungen Grundwasserwärmenutzung

- Positionierung Entnahme- und Rückgabeeinlage
- Umliegende Nutzungen
- Bohrlochausbau
- Versickerung
- Hoher Sand- oder Siltanteil im Wasser (Zwischenkreislauf)
- Zusammensetzung des Grundwassers
- Ergiebigkeit Wasser (Grundwasserspiegel)

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdwärmekörbe

Erdwärmekörbe für ein typisches Einfamilienhaus

Wärmepumpe (Leistung von 7-8 kW)

Erdwärmekörbe

Bodenheizung (35 °C)

Quelle: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 23

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdwärmekörbe

- In der Schweiz wenig bekannt (viel Platzbedarf)
- Basis der Erdwärmekörbe >2 m über höchstem Grundwasserspiegel
- Zylindrische Form oder Konische Formen
- Tiefe ca. 5 m
- In Grundwasserschutzzonen S1 und S2 nicht erlaubt

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 24

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Energiepfähle (Geostrukturen)

Quelle: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)

Kurs Erdwärmennutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 25

KANTON AARGAU Departement Bau, Verkehr und Umwelt

## Erdpfähle, Geostrukturen

- Heiz- und Kühlzwecke mit Fundationspfählen
- Unterschiedliche Energiepfahlsysteme
- Nur für Neubauten

### Herausforderungen

- Energiesystem als Ausgangsbasis für Bauplanung
- Berechnungen der Langzeitwirkung bei Wärme- und Kältenutzung

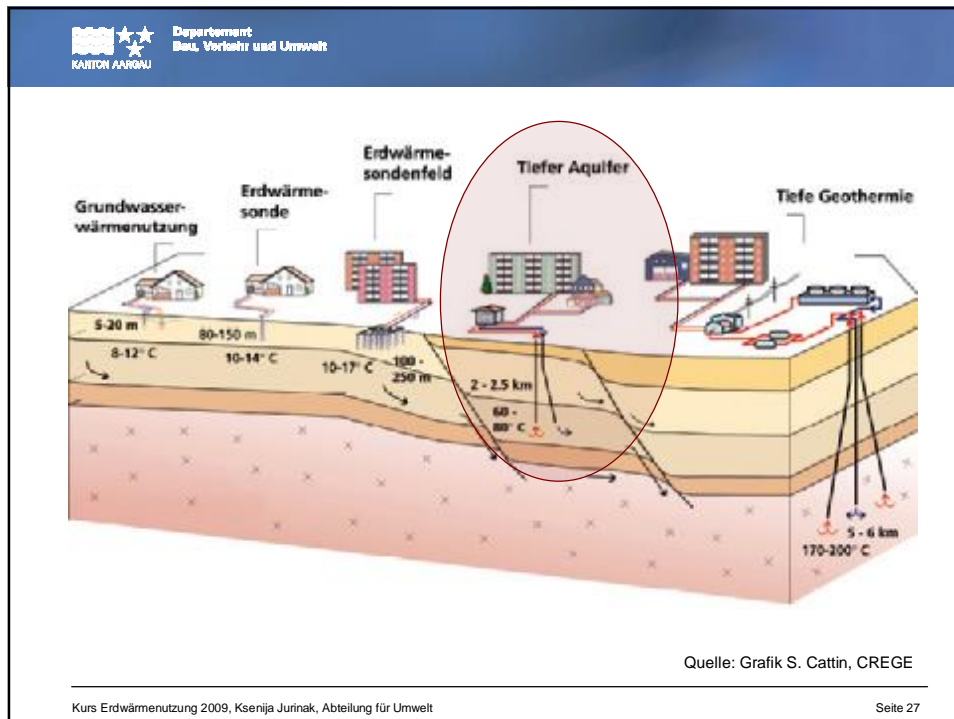
### Beispiel

Terminal E, Flughafen Zürich

Kurs Erdwärmennutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 26

# Grundlagen der Erdwärmenutzung

## Kurs Erdwärmenutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt



## Mitteltiefe Geothermie, Hydrothermal-Anlagen

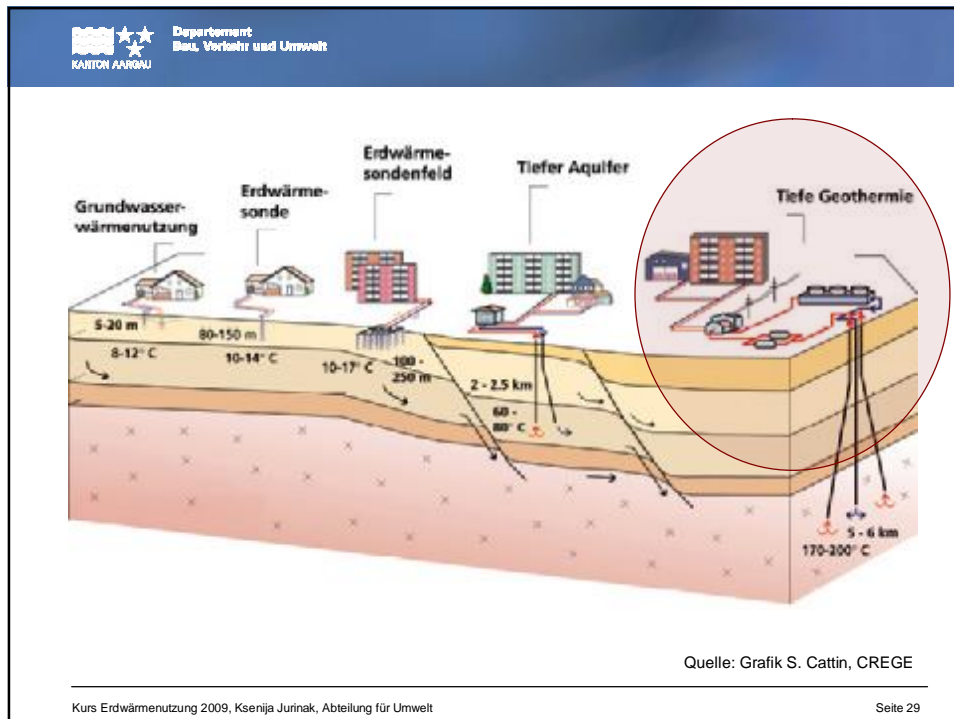
- Tiefe Aquifere nutzen, falls vorhanden (1 - 3 km)
- Bei >100°C kann Strom produziert werden
- Dublettenbohrung (Produktionsbohrung, Reinjektionsbohrung)
- Bei Thermalwasserversorgung für Heilbäder "Kaskadenprinzip"

### Beispiele:

- Thermalbad Bad Schinznach AG (Badebetrieb, Beheizung Bad, Beheizung Treibhäuser)
- Riehen (BS): 64°C warmes Wasser aus 1500 m Tiefe, Einspeisung in Wärmeverbund

# Grundlagen der Erdwärmenutzung

## Kurs Erdwärmenutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt



## Tiefe Geothermie


- 4 - 6 km Tiefe im kristallinen Grundgebirge (bis 200°C)
- Stromproduktion und gleichzeitige Wärmeerzeugung
- Prinzip Durchlauferhitzer
- 2 Bohrungen (Produktionsbohrung, Injektionsbohrung)
- Strom und Wärme als Bandenergie

### Beispiele:

- Deep Heat Mining, Basel („Projektstillstand“)
- EU-Projekt in Soultz-sous-Forêts, Elsass (Frankreich)

# Grundlagen der Erdwärmenutzung

## Kurs Erdwärmenutzung 2009, Departement Bau, Verkehr und Umwelt


 Departement Bau, Verkehr und Umwelt

### Prinzip Basel: Deep Heat Mining

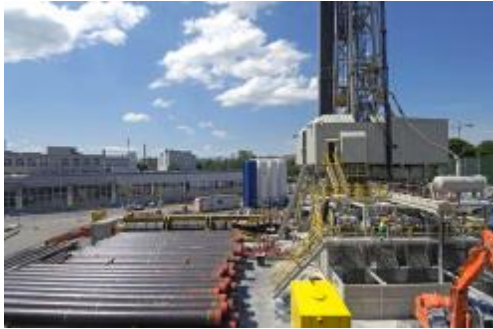
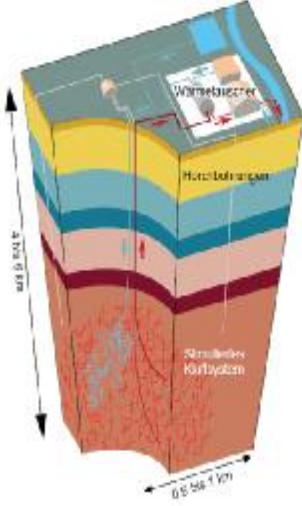



Foto: [www.geothermie.ch](http://www.geothermie.ch)



Quelle: Grafik M. Häring, Geothermal Explorers Ltd.

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 31


 Departement Bau, Verkehr und Umwelt

### Zusammenfassung Erdwärmenutzungsarten

Oberflächennahe Geothermie (8°C bis 25°C)			Tiefe Geothermie (20°C bis 200°C)	
Erdregister Energiekörbe Energiepfähle	Erdwärmesonden	Grundwasser- brunnen mit Wasserückgabe	Hydrothermale Systeme (auch Thermalwassergewinnung)	Petrothermale Systeme
bis einige 10 m tief	50 m bis 400 m tief	in der Regel bis einige 10 m tief	einige 100 m bis über 5000 m tief	bis über 5000 m tief
geschlossene Systeme			offene Systeme	
← Nutzung von Wärme mit Wärmepumpen →			← Stromerzeugung mit Binärkreislauf über 80°C hydrothermale Stromerzeugung über 100°C →	
← Direkte Nutzung von Erdreich zur Kühlung →			← Direkte Nutzung von Wärme über 40°C (ab 1000 m) →	

Quelle: Bericht „Geothermische Energie im Kanton Zürich“ vom AWEL

Kurs Erdwärmenutzung 2009, Ksenija Jurinak, Abteilung für Umwelt Seite 32