

# **GEOHERMIE -** *weltweit und in der Schweiz*

**Ladislav RYBACH**

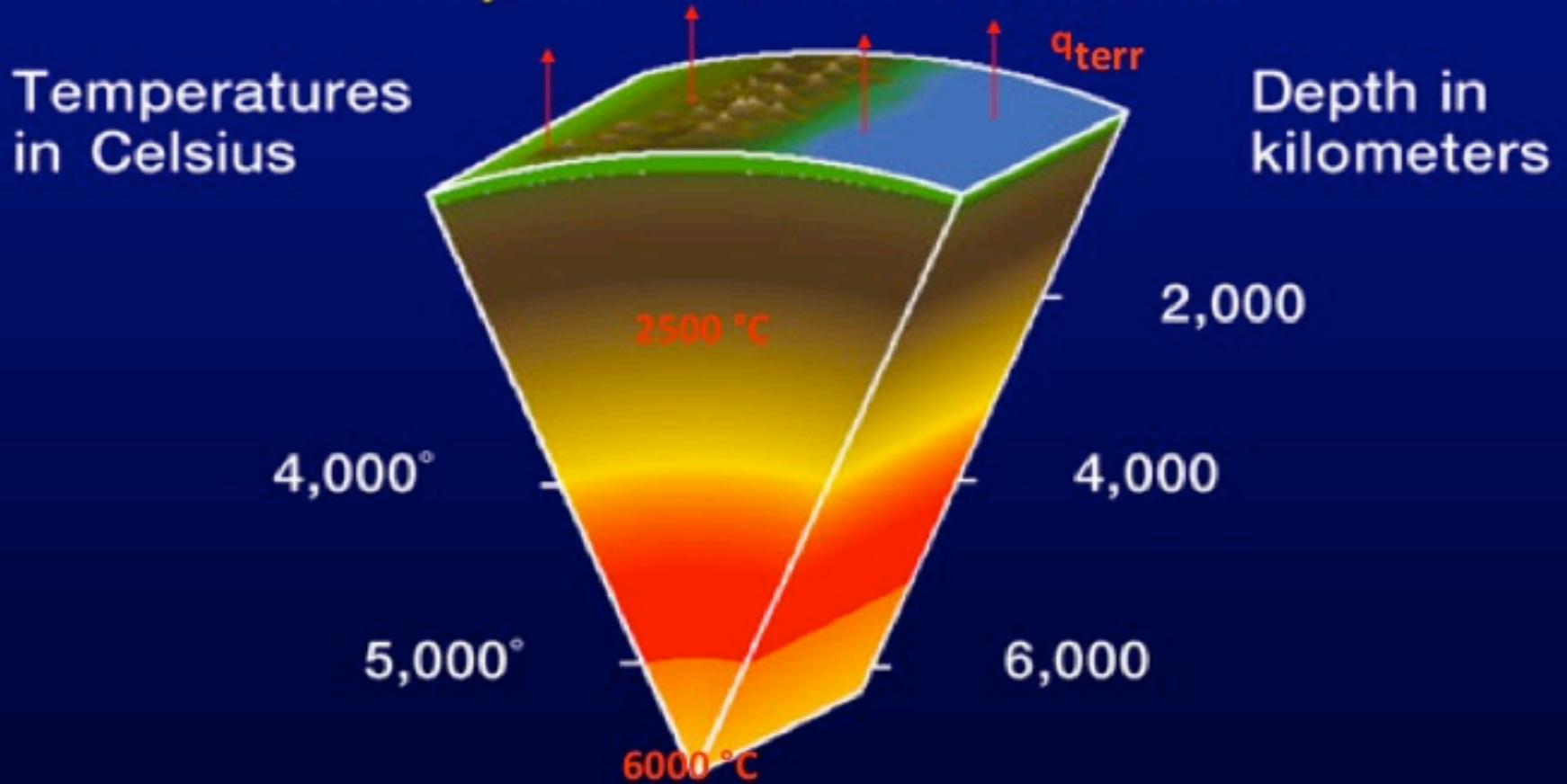
Prof.em. ETH Zürich; Institut für Geophysik

*rybach@ig.erdw.ethz.ch*

- **Basics, Nutzungsarten**
- **Weltweiter Stand und Trends**
- **Die Szene in der Schweiz**
- **Ausblick**

***ETHZ – EMERITENSTAMM, 18. Mai 2015***

# Temperatures in the Earth



99 % of the earth is at  $>1000^{\circ}\text{C}$ . Only 0.1 % is cooler than  $100^{\circ}\text{C}$ .  
The global heat loss amounts to 40 million  $\text{MW}_t$  !

## Die Hauptkategorien:

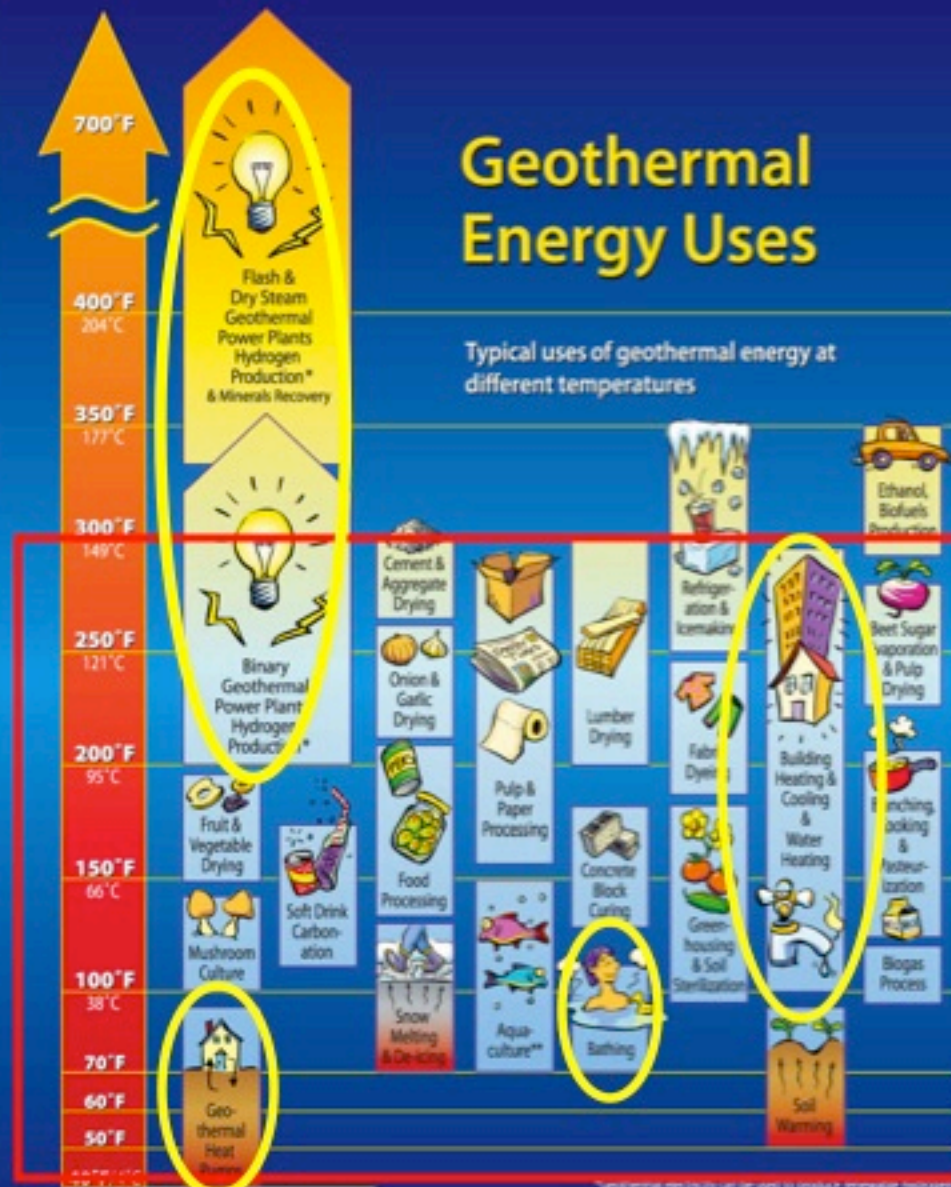
- Untief (<400m) / Tief (>400m)
- Stromerzeugung / Direkte Wärmenutzung

## Die Haupt-Herausforderung:

Die Wärme ist im Erdinneren; wir brauchen sie an der Erdoberfläche

# Geothermal Energy Uses

Typical uses of geothermal energy at different temperatures



**GEO THERMAL**

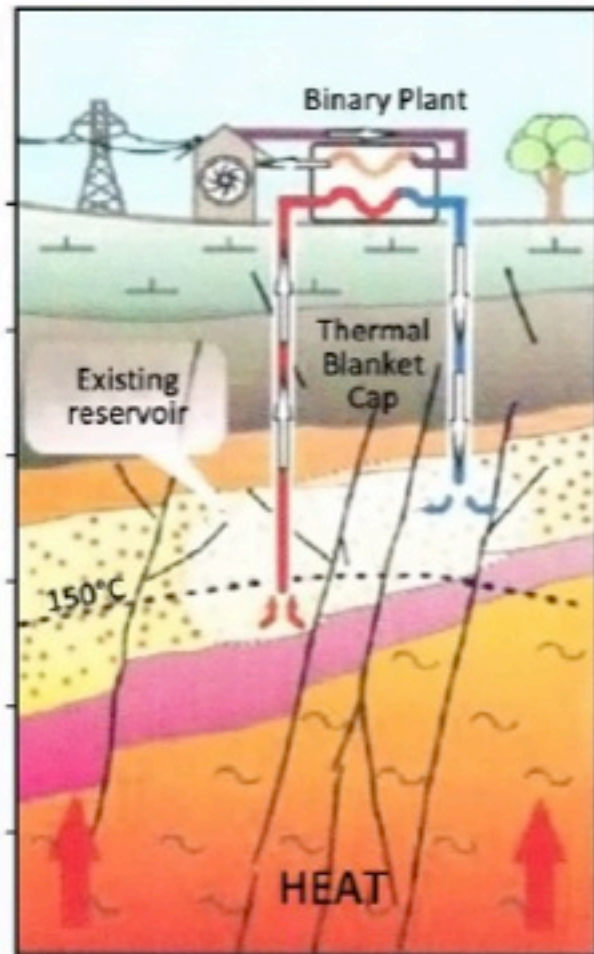
**ELECTRICITY**  
**>150 °C**

**DIRECT USE :**  
**Many possible applications**  
**<150 °C!**



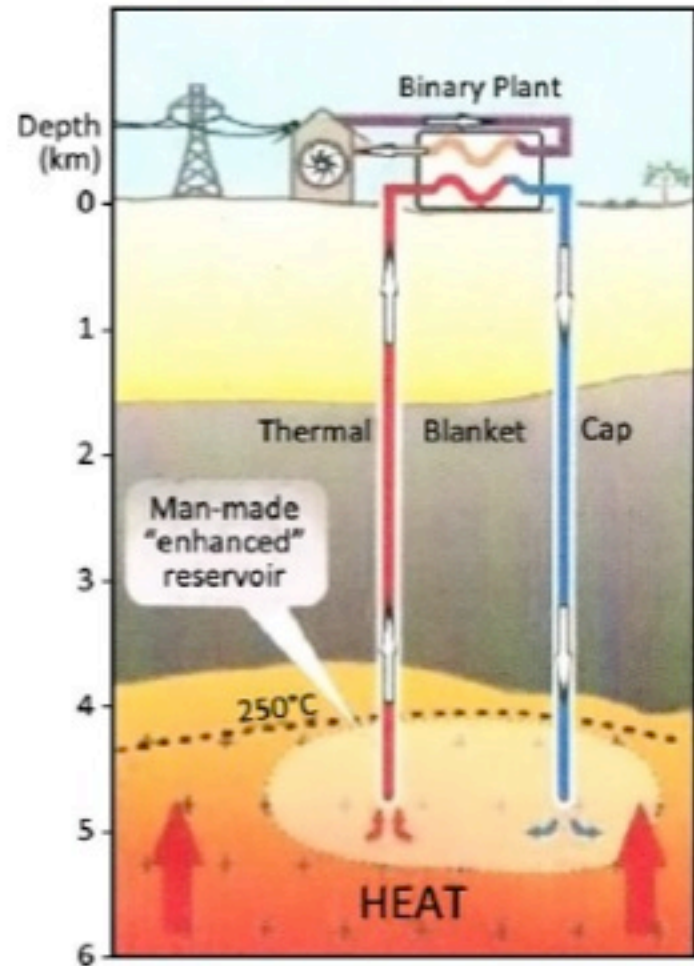
# Deep Geothermal Resource Types

## Hydrothermal



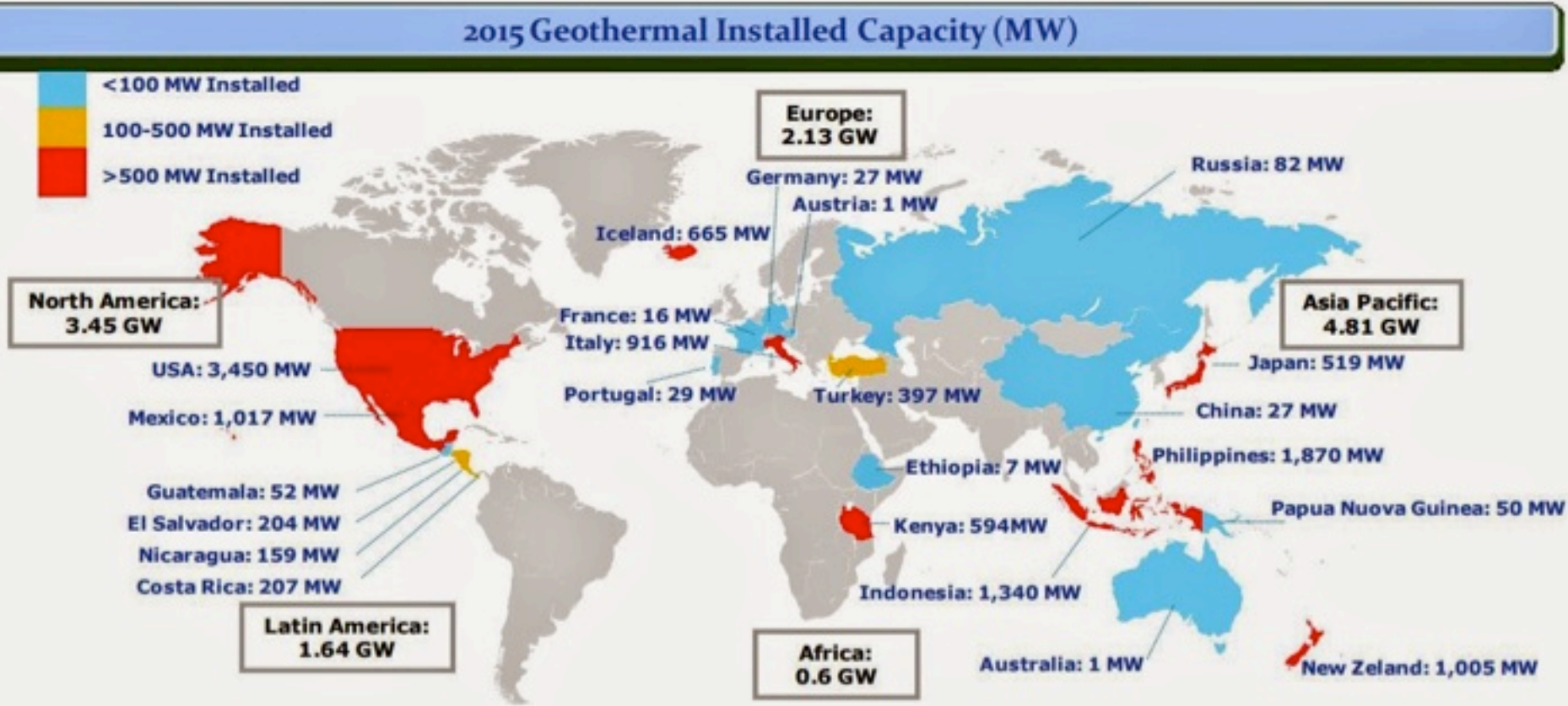
Heat carrier (steam/hot water) at depth is locally present  
→ rather rare

## Petrothermal



Heat carrier must be artificially circulated to extract heat  
→ in principle ubiquitous

# Global geothermal power in 2015: countries with operating power plants



**Gross capacity in 2015: 12.6 GWe**  
*practically all hydrothermal*

*Bertani (2015)*



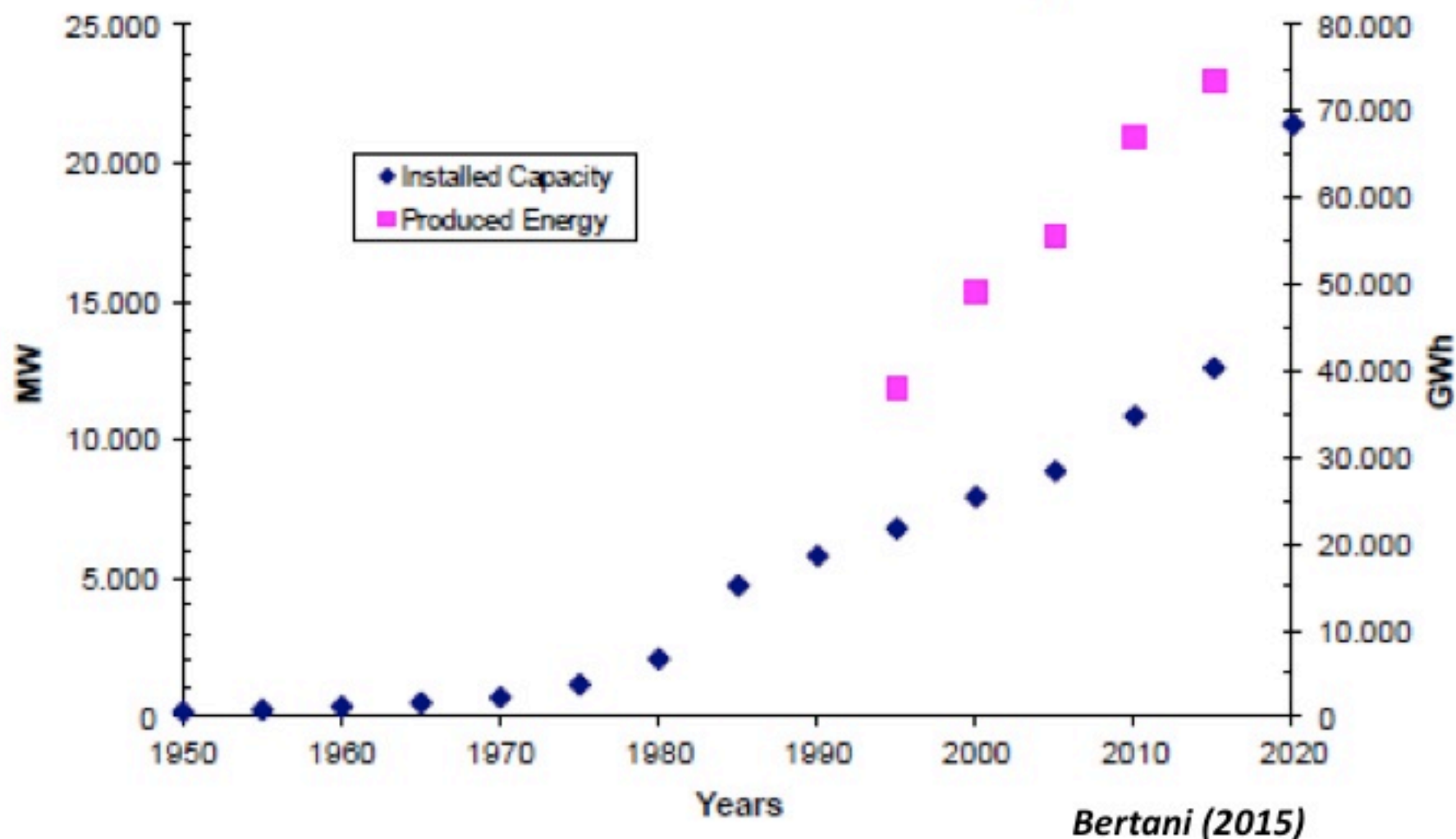
Currently largest geothermal power plant (1 turbine, 6 production wells)  
*„hydrothermal“*



**140 MWe** geothermal power plant (Fuji Electric Co.)  
Taonga (Nga Awa Purua), New Zealand (2010)

*Photo: Jürg Wellstein*

## World Geothermal Electricity

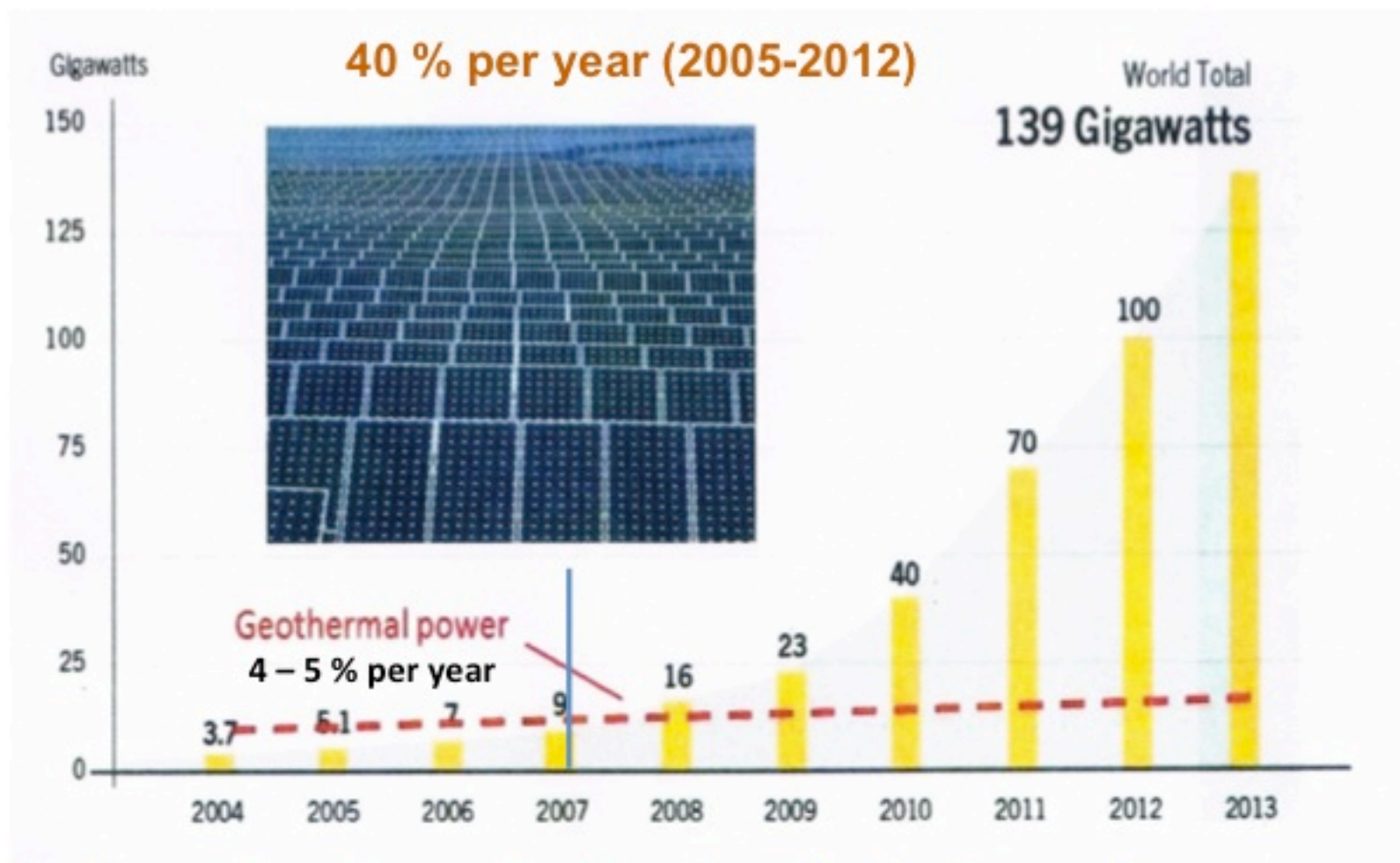


**In 2015 :**

- total installed capacity 12.6 GWe
- produced electricity 74 TWh  
(0.3 % of global electricity production)



# Global development Solar PV (installed power in GWe)



Geothermal nearly exclusively from hydrothermal resources

Geothermal was far ahead of PV until about 2007, but then.....

# Comparison of global power generation in 2013 from renewable sources

*Input data from REN21 (2014)*

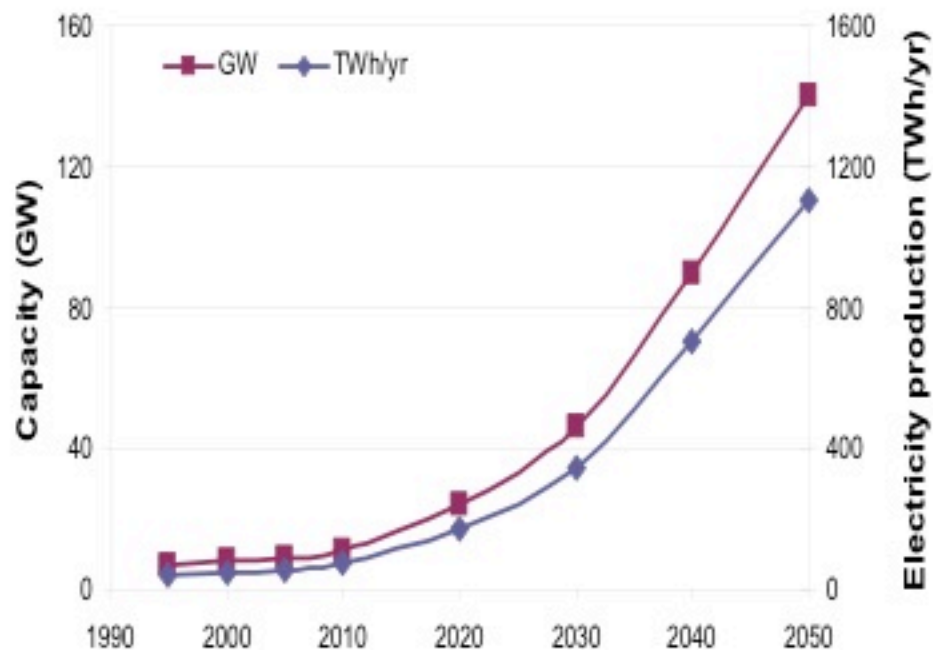
Technology	Installed capacity		Annual production		Availability
	GWe	%	TWh/yr	%	%
Hydropower	1,000	64.2	3,680	74.9	42
Biomass	88	5.7	405	8.2	53
Wind	318	20.4	585	11.9	21
<b>Geothermal</b>	<b>12</b>	<b>0.8</b>	<b>76</b>	<b>1.5</b>	<b>72</b>
Solar PV	139	8.9	170	3.5	14
<b>Total</b>	<b>1,557</b>	<b>100</b>	<b>4,916</b>	<b>100</b>	

*From Rybach (2014)*

**Solar PV (production) overtook Geothermal already in 2011 !**

*(not to speak about wind energy.....)*

# Global geothermal power growth visions



**Projection to 2050**

*From Fridleifsson et al. (2008) paper for IPCC*

➤ **How to exponentialize geothermal power growth?**  
**i.m.o. only by EGS !**

**EGS=Enhanced Geothermal System (“petrothermal”)**



# The Future of Geothermal Energy

Impact of Enhanced Geothermal  
Systems (EGS) on the United States  
in the 21<sup>st</sup> Century

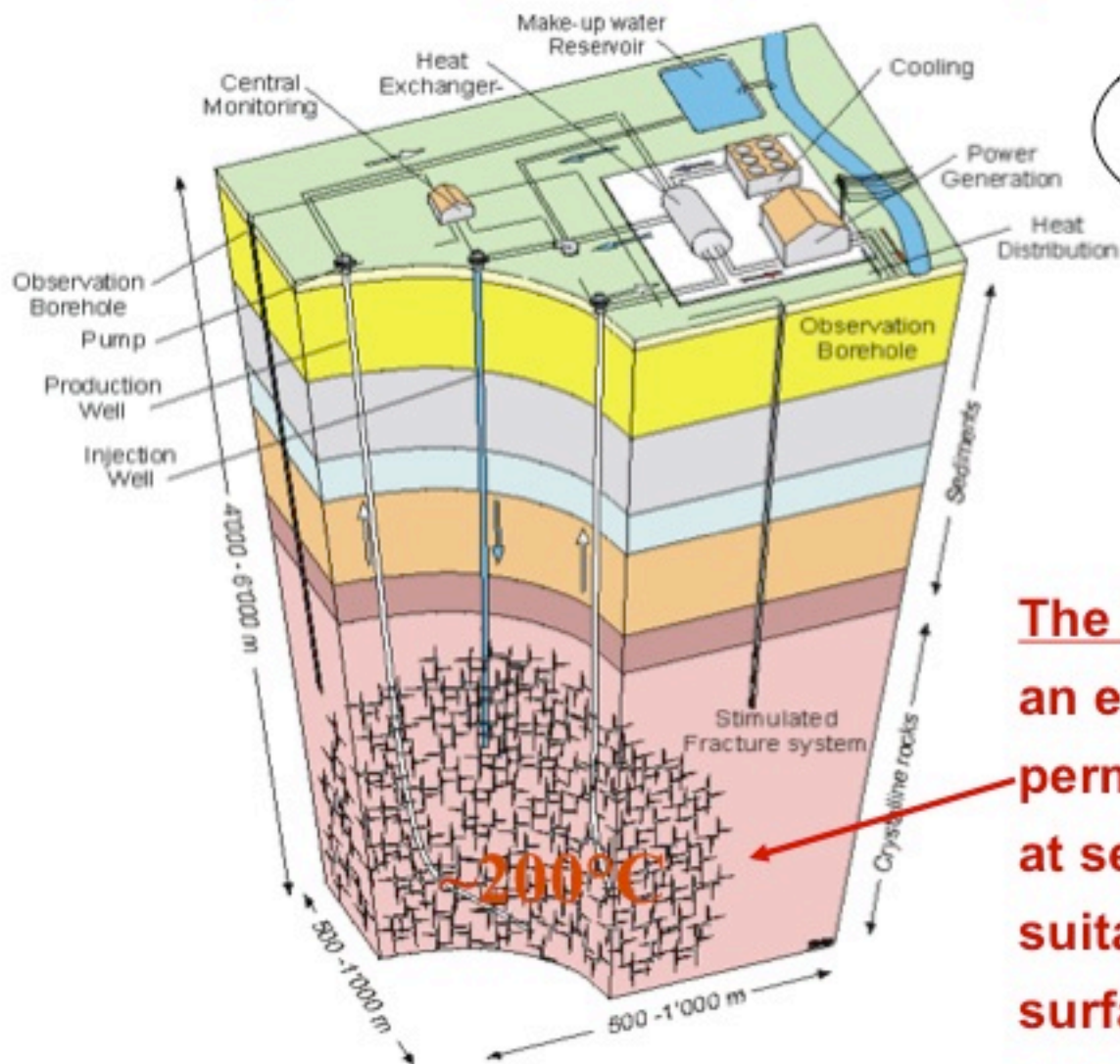
**EGS is the future!**

EGS : Enhanced  
Geothermal System

**M.I.T. study (2006)  
358 p.**

*e.g. 100'000 MWe EGS power  
possible in USA*

# EGS system principle, for heat/power co-generation



without in-situ  
geothermal fluids

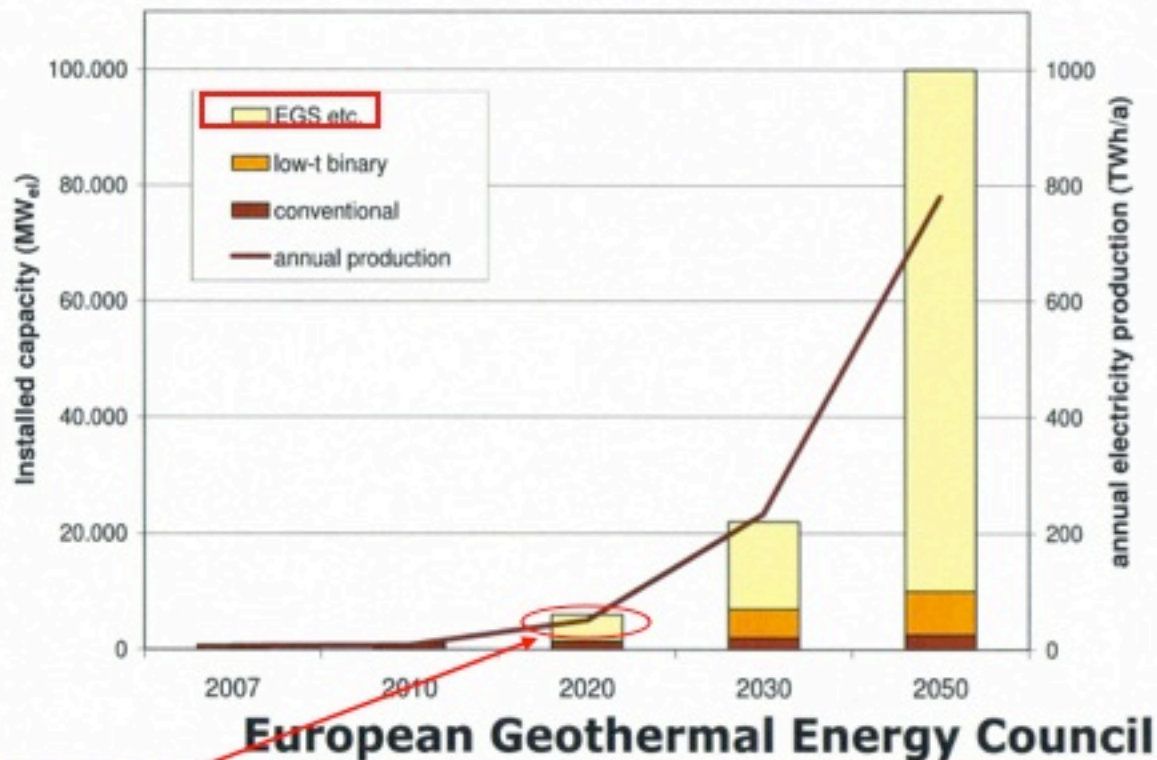
= petrothermal

The key component:  
an extended, sufficiently  
permeable fracture network  
at several km depth, with  
suitable heat exchange  
surfaces (=EGS «reservoir»).

Concept of the Deep Heat Mining System

# ETP on Geothermal Electricity

EGEC vision for 2050 on geothermal power **in Europe**  
(discussed in ETP)



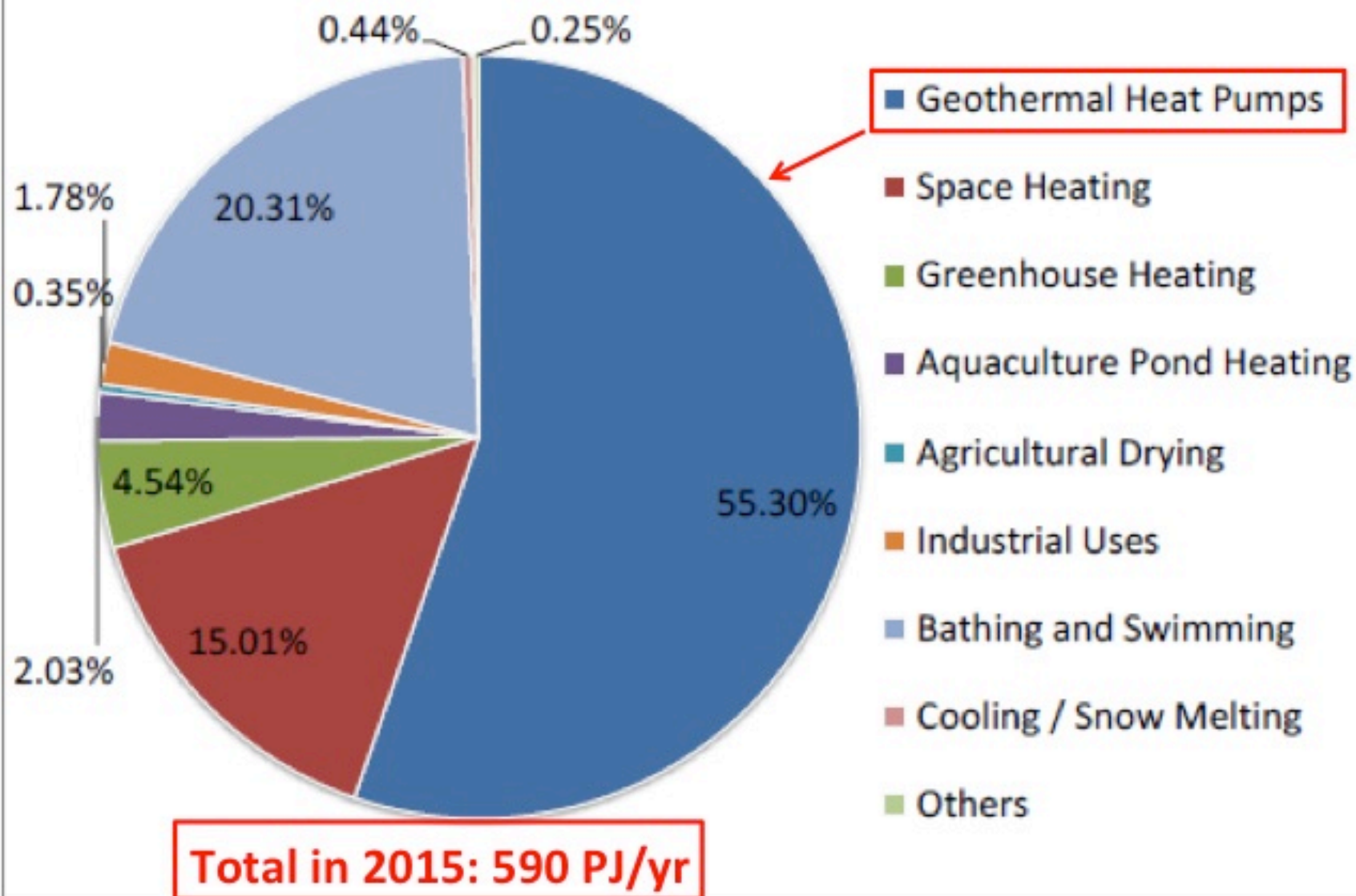
[www.egec.org](http://www.egec.org)



Alone to realize 3 GWe, foreseen for 2020, would require funds of nearly 40 billion € .....

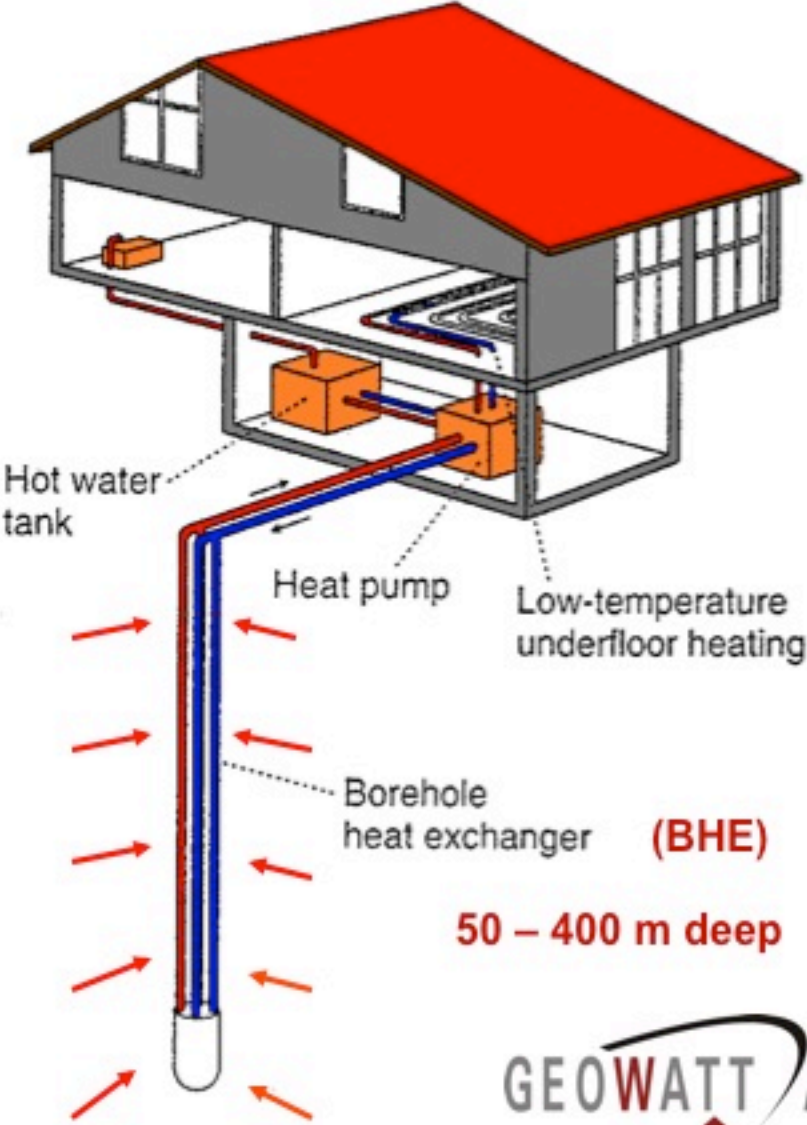


## World-Wide Utilization (with heat pumps), TJ/yr



Geothermal direct applications worldwide in 2015, distributed by percentage of total energy used  
*Lund & Boyd (2015)*

# Geothermal heat pump with BHE

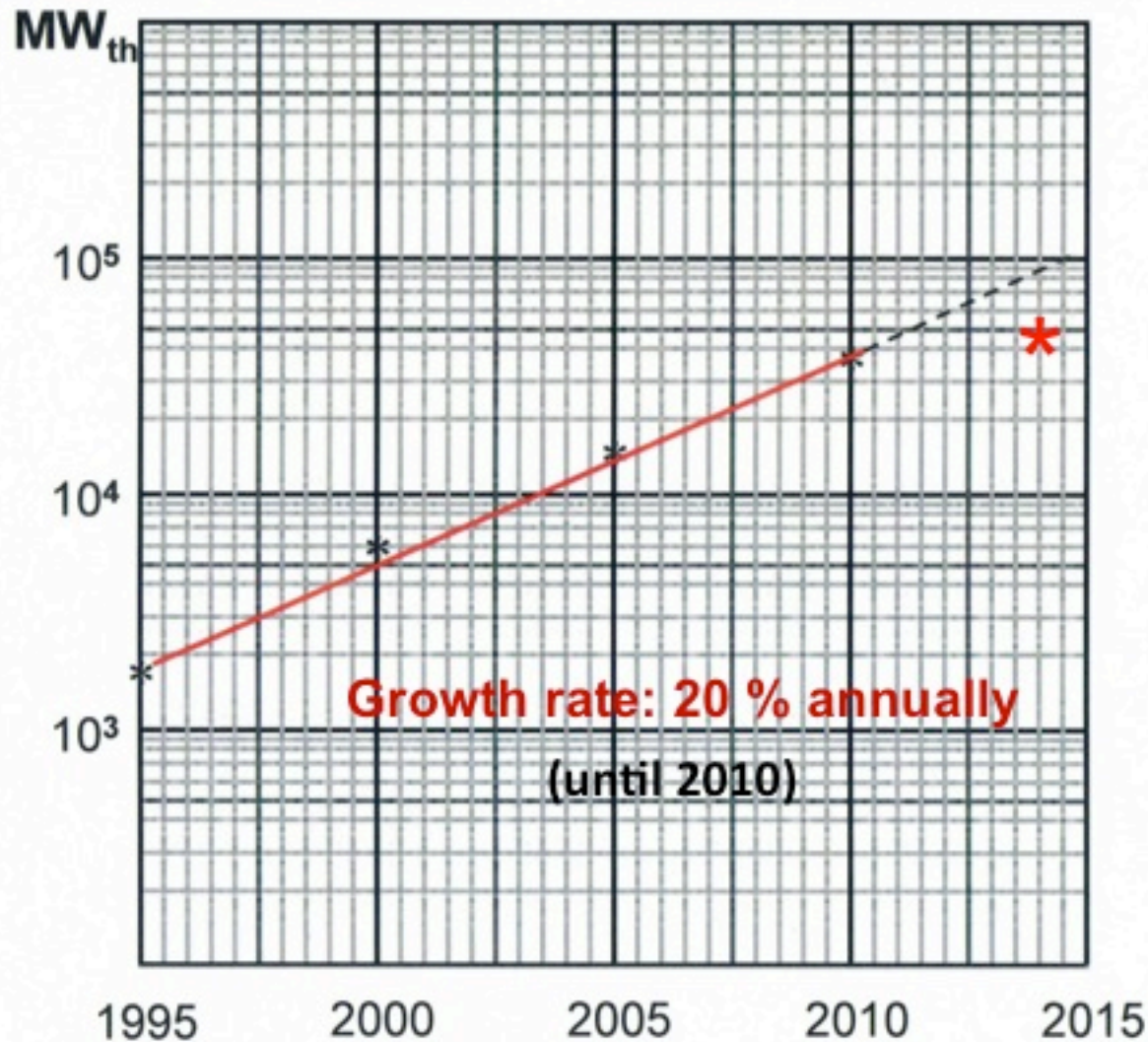


BHE drilling and installation



# Global GHP capacity growth (installed $MW_{th}$ ) is exponential!

Data from Lund & Boyd (2015)



**Geothermal heat pumps: Booming sector !**



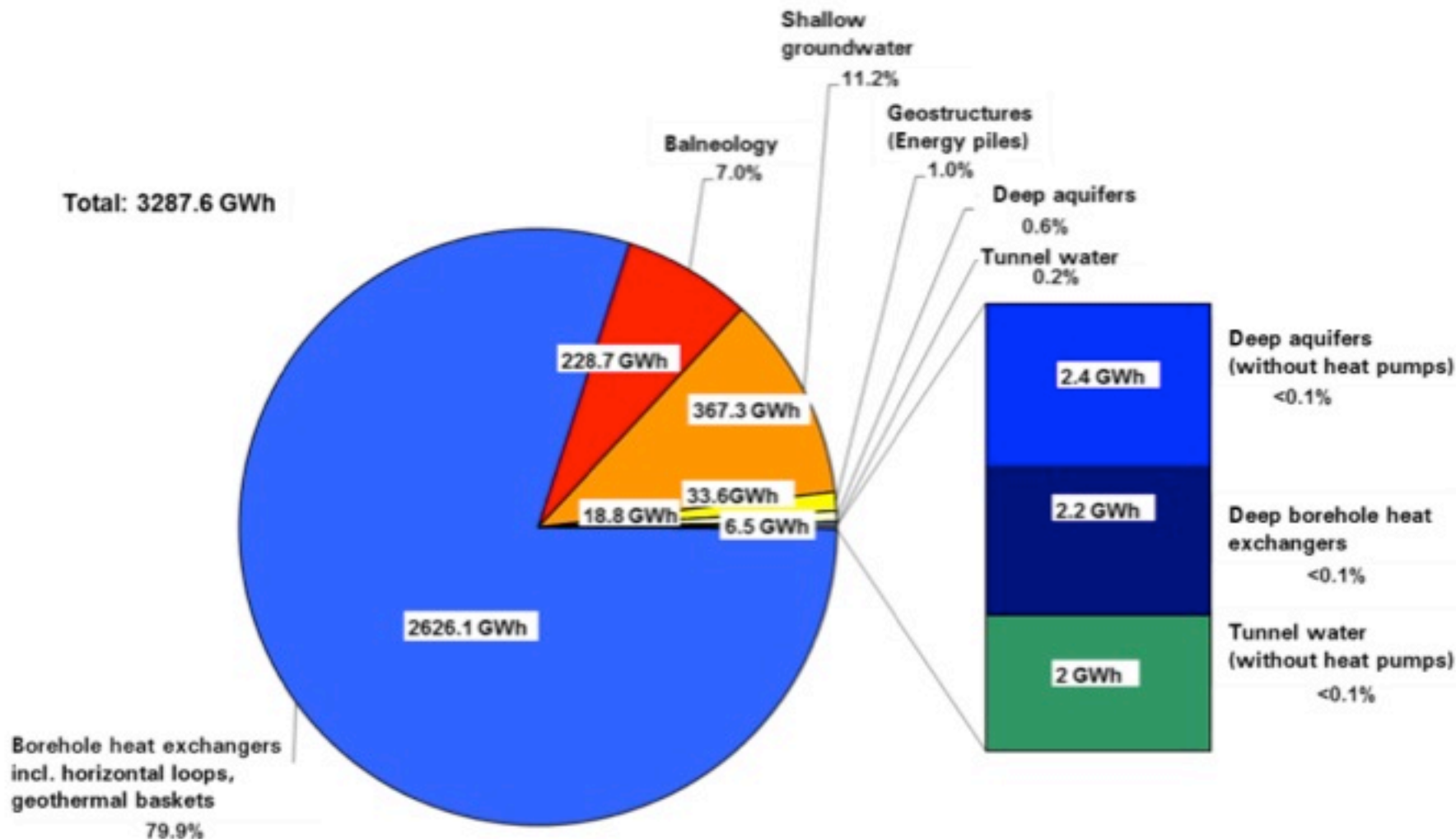
# Die Geothermie-Szene Schweiz

## ***Untiefe Geothermie***

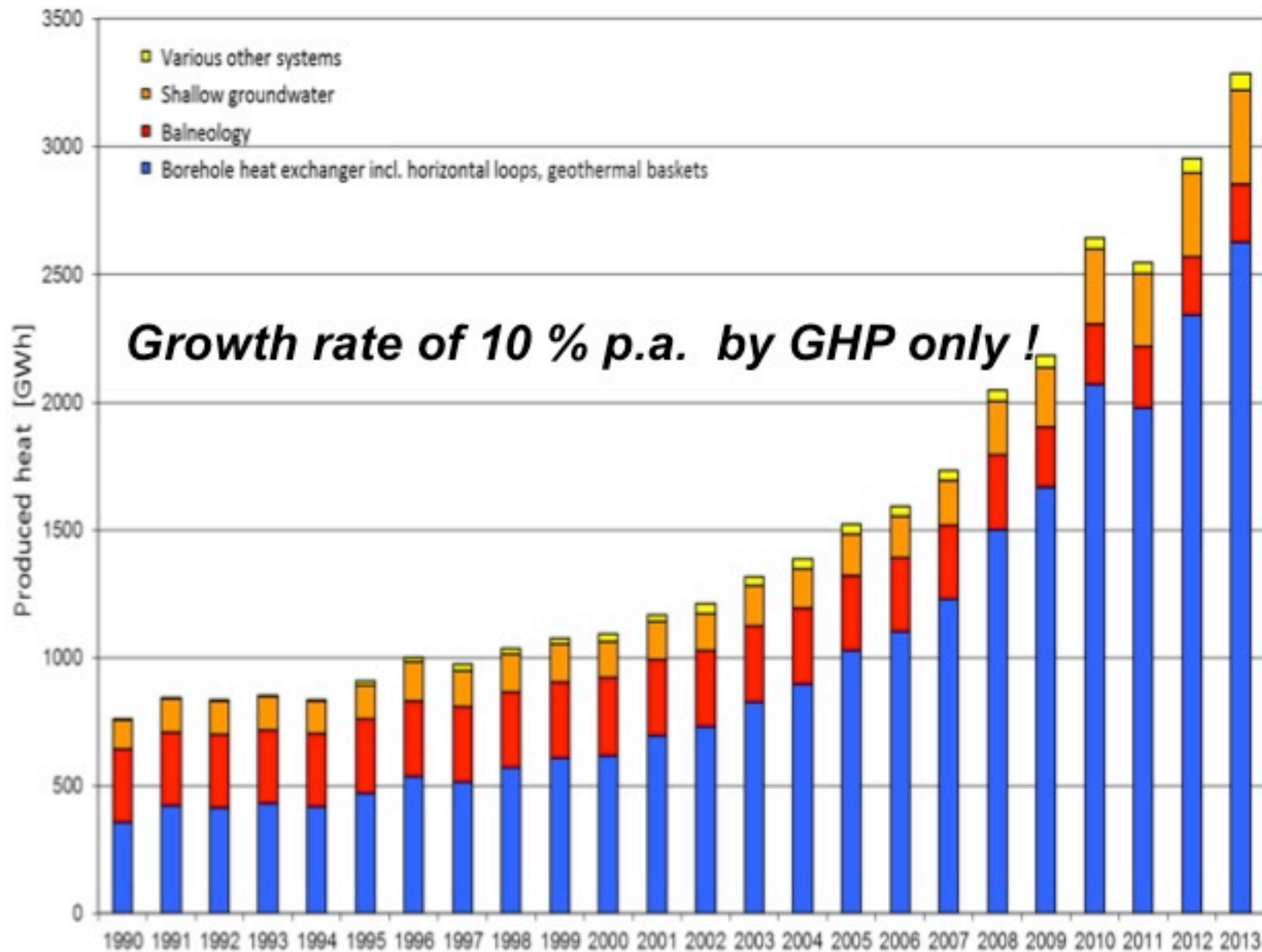
- Vormarsch der Erdwärmepumpen-Systemen
- Zunehmend Grossanlagen
- Nachhaltigkeit muss gewährleistet sein

## ***Tiefe Geothermie***

- Durch Flops belastet (Genf, Basel, Zürich/Triemli, St.Gallen....)
- Ambitionierte Vorgaben der ENERGIESTRATEGIE SCHWEIZ
- Neue Aktivitäten wie SCCER, neue Professuren....
- Chancen von EGS? Finanzierung?



Relative contributions to the heat production [in GWh] of the various direct use categories in 2013 (2014 statistics)



**Development of geothermal energy utilisation in Switzerland  
1990- 2013 (2014 statistics)**



## Highest areal GHP density worldwide in Switzerland !

Total installed GHP capacity in 2013: 1'635 MW<sub>th</sub>

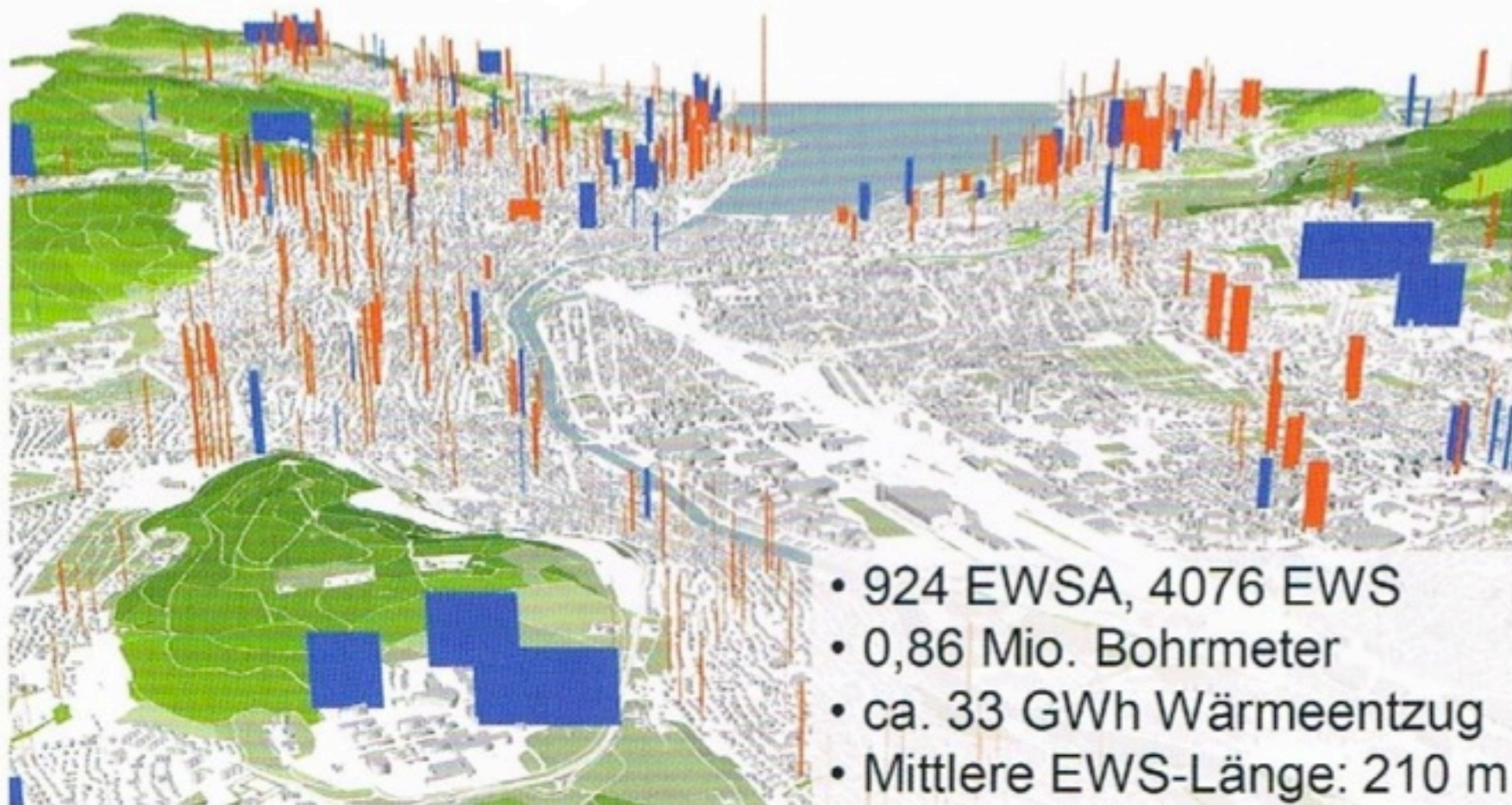
This corresponds to ~130'000 equivalent (12 kW<sub>th</sub>) units

Total land surface of Switzerland: 41'000 km<sup>2</sup>

i.e. there are ~ **3.0 GHP units per km<sup>2</sup> !**



CH - 8050 Zürich

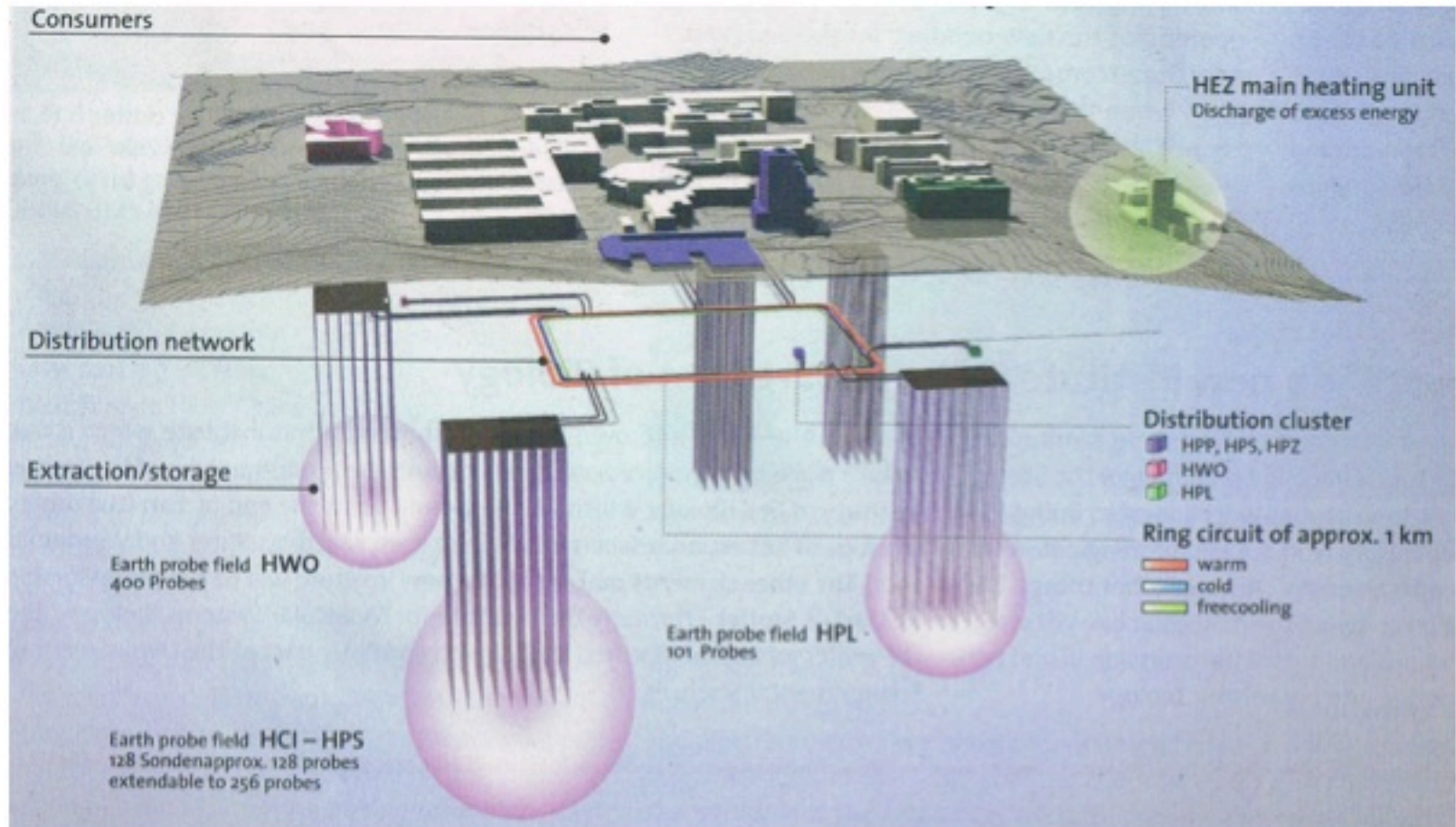


- 924 EWSA, 4076 EWS
  - 0,86 Mio. Bohrmeter
  - ca. 33 GWh Wärmeentzug
  - Mittlere EWS-Länge: 210 m
- Strichhöhe: Sondentiefe, Breite: Anzahl

## **Erdwärmesonden-Anlagen in Zürich**



# Erdwärmespeicher Science City, ETH Hönggerberg (im Ausbau)



**Speichervolumina total 4 mio m<sup>3</sup>, >700 EWSs à 200 m**



19. Mai

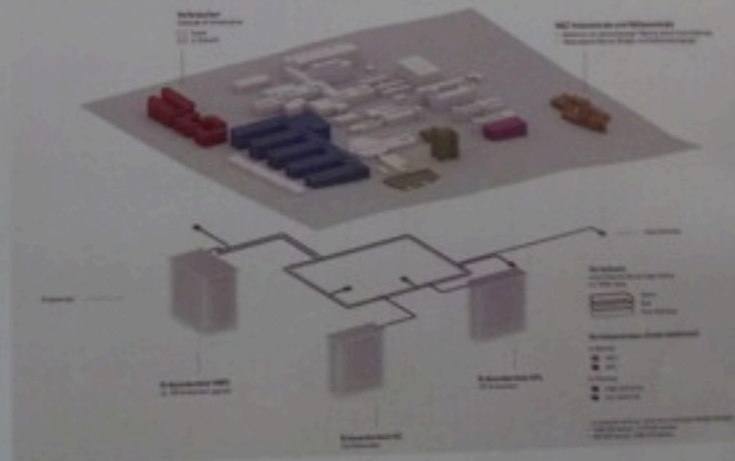
## In den Untergrund der ETH – Das Dynamische Erdspeichersystem

Öffentliche Führung durch  
die ETH Zürich, Höggerberg

**Treffpunkt:**

ETH Zürich, Höggerberg  
Informationstafel auf dem  
Joseph-von-Deschwanden-Platz (Piazza)  
044 633 62 23

ETH Zürich, Campus Höggerberg  
Anlagenplan



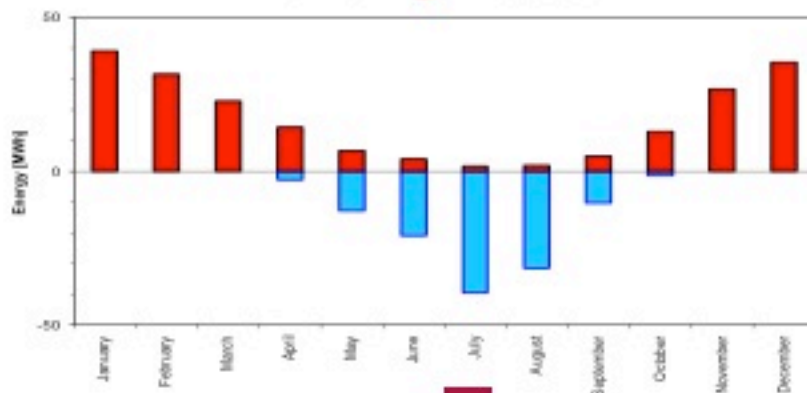
# EWS – Grossanlagen in der Schweiz

ERDWÄRME- GROSSPROJEKTE *	NUTZUNG/ FUNKTION	SPEZIFIKATION	BAUJAHR
Hotel Dolder, Zürich	Erdsondenfeld als Wärmespeicher; Heizen und Kühlen	70 Einzelsonden; ca. 150 m tief	2008
Novartis Campus, Basel	Erdsondenfeld als Wärmespeicher; Heizen und Kühlen	3 Sondenfelder >200 Einzelsonden; ca. 220 m tief	Etappierter Ausbau bis 2020
ETH-Campus, Hönggerberg, Zürich	Anergienetz mit Erdwärmespeicher; Heizen und Kühlen	7-9 Sondenfelder 800 Einzelsonden; ca. 200 m tief	Etappierter Ausbau bis 2025
Richti-Areal, Wallisellen	Erdsondenfeld als Wärmespeicher; Heizen und Kühlen	220 Einzelsonden; ca. 225 m tief	2012
Wohnquartier Friesenberg, Zürich	Anergienetz mit Erdwärmespeicher; Heizen und Kühlen	3 Sondenfelder 500 Einzelsonden; ca. 225 m tief	Etappierter Ausbau bis 2050
Suurstoffi, Rotkreuz	Erdsondenfeld als Wärmespeicher; Heizen und Kühlen	220 Einzelsonden; ca. 150 m tief	1. Etappe 2014
Wohnquartier im Vieri, Schwerzenbach	Erdsondenfeld als Wärmespeicher; Heizen und Kühlen	80 Einzelsonden; ca. 250 m tief	2014

\* Auswahl realisierter Beispiele

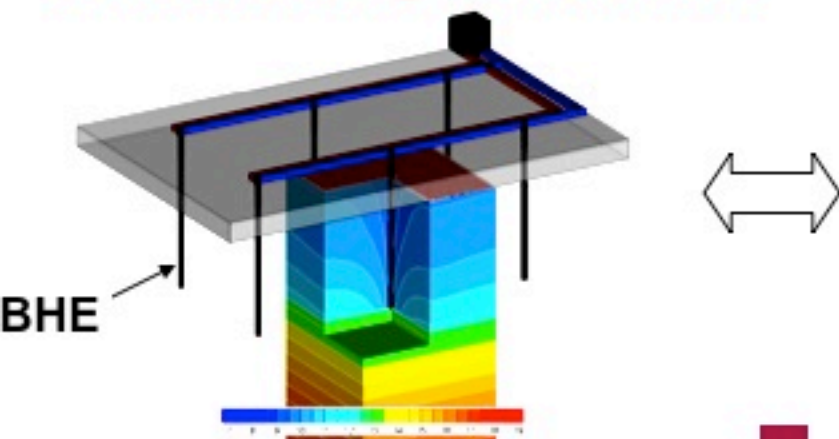
Design by GEOWATT AG Zurich

## Building needs

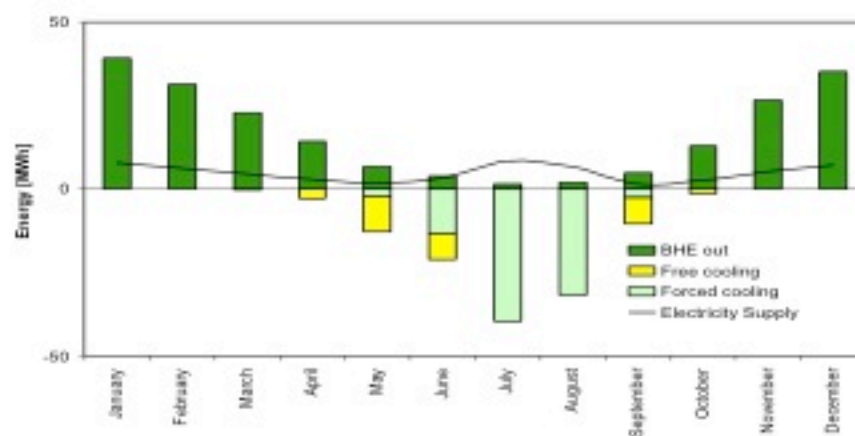


Heat / Cold  
demand

## Numerical design calculations



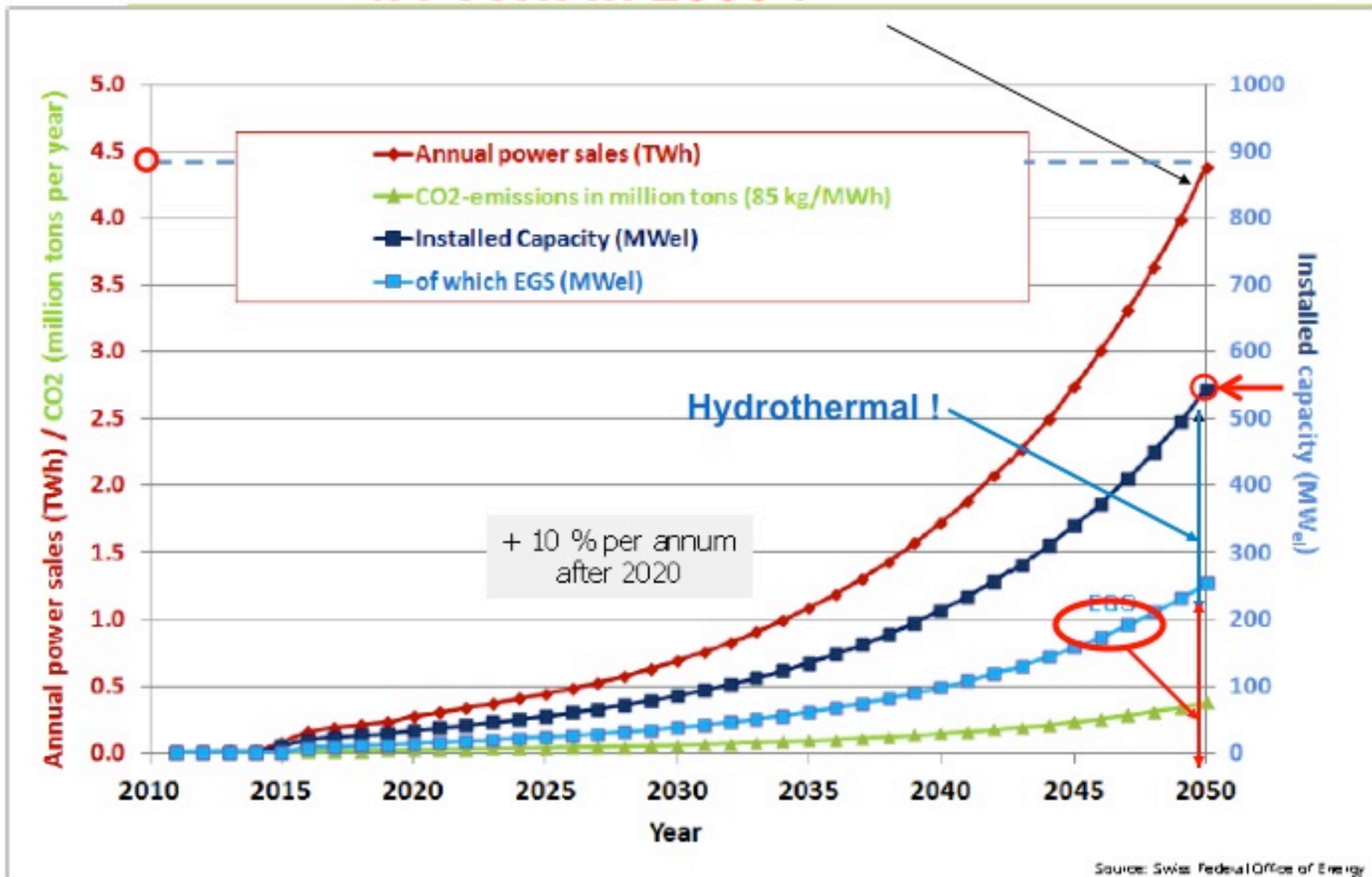
## Optimized solution



➔ Number, depth, spacing of BHEs; connection hydraulics



# Target *Deep Geothermal Electricity* in Swiss Energy Strategy 4.4 TWh in 2050 !



i.e. 550 MWe installed capacity in 2050

# Licht und Schatten bei der Förderung der Erneuerbaren

Wir haben allen Grund, uns zu freuen. Die Produktionsart mit den grössten Zuwachsraten und dem grössten Zukunftspotenzial ist die Photovoltaik (PV). Sie wuchs seit 2009 jedes Jahr um mehr als 65%, 2013 um rund 70%. Per Ende 2013 sind es 680 Megawatt an installierter Leistung. Die für 2020 angestrebten 600 MW wurden bereits im August 2013 erreicht.



Von PETER STUTZ

Stadtrat Grüne, stutzpeter@mac.com

Wir haben allen Grund, uns zu freuen. Die Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen wächst stärker als in jeder Prognose. Einzig der Windstrom wird gebremst durch die vielen Einsprachen betreffend Landschaftschutz, meistens aber von Nachbarn.

Über die Tiefen-Geothermie müssen wir nicht sprechen. Die Energiestrategie der Grünen Schweiz veranschlagt sie mit null kWh im 2035 und null kWh im 2050. Wir brauchen die Tiefen-Geothermie nicht für die Energiewende. Sie wird wegen der Schweizer Geologie nie wirtschaftlich Strom produzieren.

## KEV: die verschenkten 80 Millionen

Die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) leidet aber immer noch unter Konstruktionsfehlern: Am stossendsten ist der Umstand, dass die Energieversorgungsunternehmen (EVU) für den KEV-Strom viel zu wenig zahlen. Für den in ihrem Netz produzierten KEV-Strom bezahlen die EVU den Grosshandelspreis «Swissix base». Dieser lag 2012 bei 6 Rp./kWh. Im Durchschnitt haben die EVU für den zugekauften Strom sonst 11 Rp./kWh bezahlt. Richtigerweise müssten die EVU der Swissgrid diese «Ohnehin-Kosten» von 11 Rp./kWh für den KEV-Strom zahlen, nicht den Grosshandelspreis.

Bei den 2011 und 2012 beobachteten 5 Rp./kWh Preisunterschied zwischen dem «Swissix base» und dem

## The key issues / questions:

**Heat is there at depth, masses of ! But:**

*How to get the heat out ? (conversion heat  $\rightarrow$  electricity is available)*

*Where ?*

*With what efficiency? (Recovery factor: extractable heat / heat in place)*

*At what cost ?*

**Possible answers:** *through new Professorships ?  
(ETHZ, EPFL, Neuchâtel University...)*



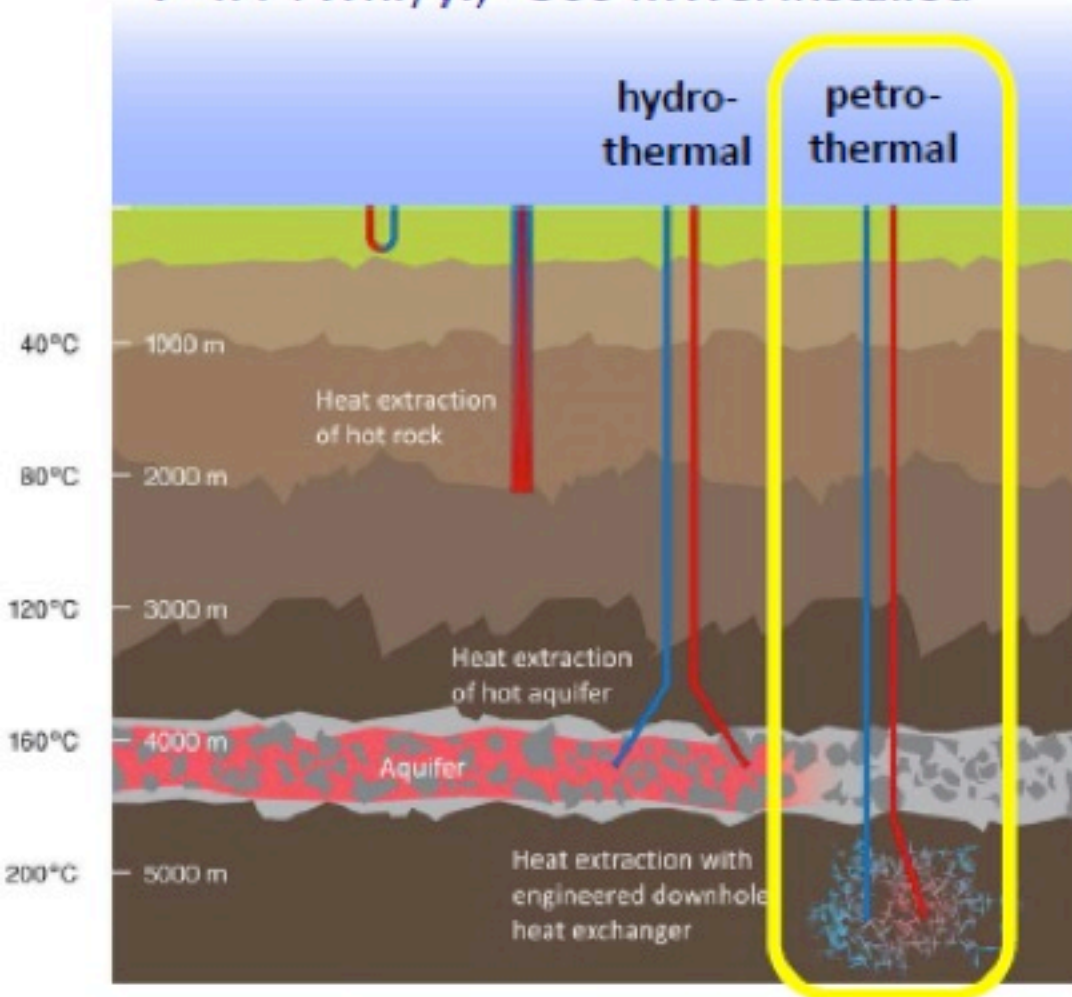
# **The Swiss Competence Center for Energy Research: Supply of Electricity**

SCCER-SoE Annual Conference  
Zurich, September 30, 2014

Prof. Domenico Giardini (ETHZ)  
Head, SCCER-SoE

The ES2050 target for DGE is 5% of national electricity supply

→ 4.4 TWhr/yr, >500 MWel installed



→ Hydrothermal DGE has great potential for heating, less so for electricity → water is scarce and not easily found

→ We need to create deep reservoirs in hot rock (EGS)

→ Under normal conditions, we find 170-190° C in crystalline basement rocks at 4-6 km depth

→ Cooling 1 cubic km of 200° C hot granite by 20° C could deliver heat sufficient to generate >10 MWel for 20 years → resource is unlimited

## Open EGS questions and corresponding R&D needs:

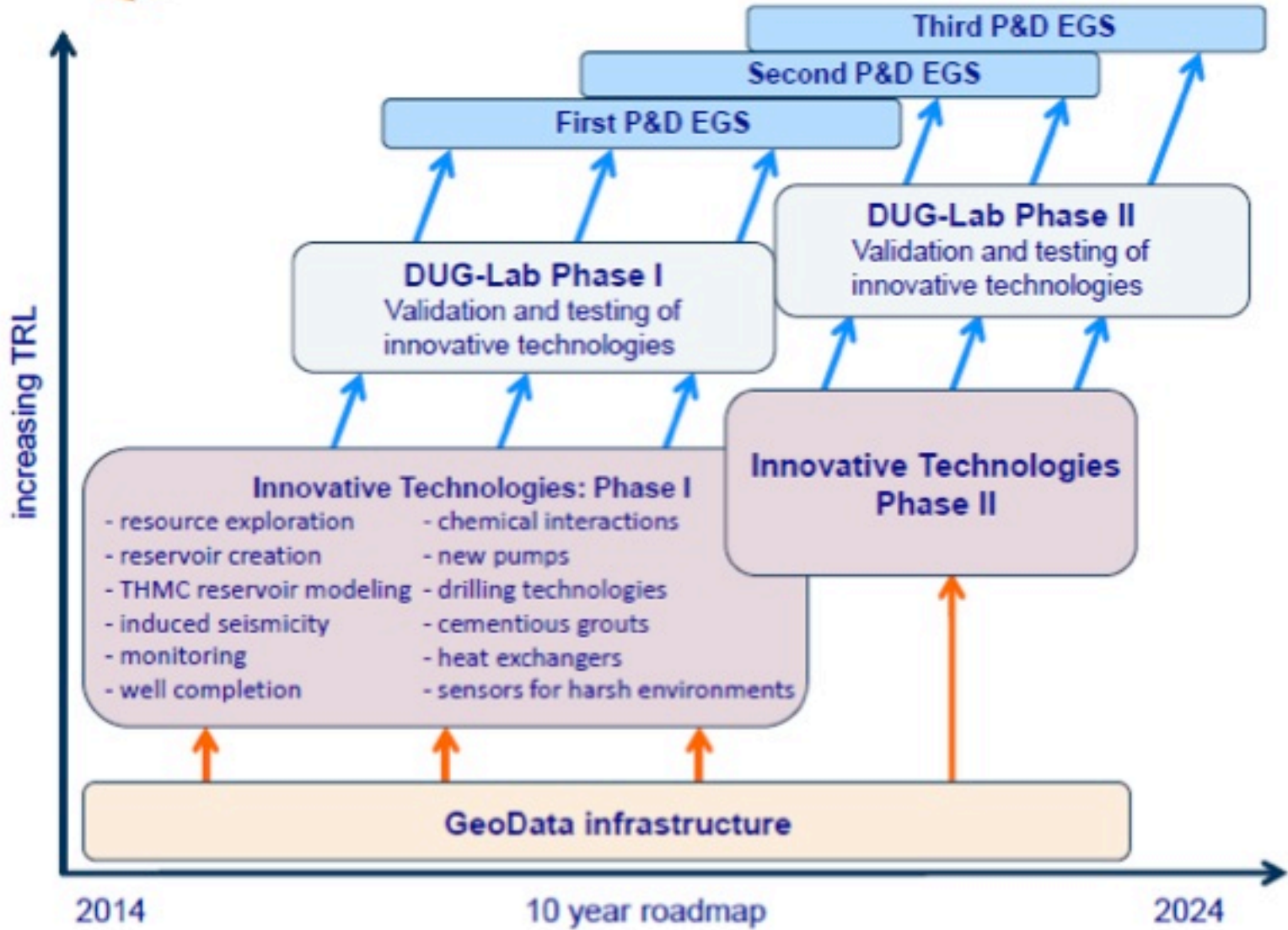
Establishing «tailor-made» EGS heat exchangers, at any desired location, in suitable temperature/depth ranges, independent of local subsurface conditions (lithology, temperature and stress field, natural seismicity, kind and degree of natural fracturation) with limited induced seismicity;

Clarification of the long-term performance of EGS heat exchangers in terms of productivity and environmental effects;

Determination of recovery factors (=extractable heat / heat in place).

➤ *Upscaling the power plant size from a few MWe to several 10 – 100 MWe.*





**Goal of SCCER Roadmap: 3 EGS power plants (ca. 20 MWe each) until 2025**

# SCHLUSSFOLGERUNGEN:

## Global

- Geothermie-Stromproduktion wächst zu langsam
- Einzig boomendes Segment: Erdwärmepumpen

## Schweiz

### Untiefe Geothermie

- Vormarsch der Erdwärmepumpen-Systemen
- Zunehmend Grossanlagen

### Tiefe Geothermie

- Durch Flops belastet (Genf, Basel, Zürich, St.Gallen....)
- Ambitionierte Vorgaben der ENERGIESTRATEGIE SCHWEIZ
- Neue Aktivitäten wie SCCER, neue Professuren....
- Chancen von EGS, Finanzierung?

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !***

**Prof.em. Dr. Dr.h.c. L. Rybach  
Institute of Geophysics ETHZ  
Sonneggstr. 5  
CH-8092 Zurich, Switzerland  
rybach@ig.erdw.ethz.ch**