
Geothermische Energienutzung - Country Update für Deutschland

Josef Weber

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Stilleweg 2, 30655 Hannover

Dank an: Britta Ganz, Burkhard Sanner & Inga Moeck



Geothermal Energy Use, Country Update for Germany

Josef Weber¹, Britta Ganz¹, Burkhard Sanner² and Inga Moeck¹

¹ Leibniz Institute for Applied Geophysics, Stilleweg 2, D-30655 Hannover, Germany

² Wacholderbusch 11, D-35398 Giessen, Germany

josef.weber@liag-hannover.de

Keywords: Geothermal development, power production, direct use, ground source heat pumps, Germany.

ABSTRACT

At present, 180 geothermal installations for direct use of geothermal energy are operating in Germany. The installed capacity of these plants amounts to roughly 336.6 MW_e (geothermal share) and 720.1 MW_e (total, including peak load capacity, etc.) with a heat production of 1,099.0 GWh_e (geothermal) and 1,259.9 GWh_e (total), respectively. The installations comprise centralised heating units (district heating), space heating in some cases combined with greenhouses, and thermal spas. Most of the plants are located in the Molasse Basin in Southern Germany, in the North German Basin, or along the Upper Rhine Graben.

Data of all centralised geothermal installations in Germany and statistics on their contribution to the renewable heat and power supply can be retrieved from the open access Geothermal Information System GeotIS, which is operated by the Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG). Besides data on geothermal energy use, the system provides information and data compilations on deep hydrothermal aquifers as well as potential petrothermal resources. The GeotIS project aims at an improvement of quality in the planning of geothermal projects and at the minimisation of exploration risks.

In addition to installations using “deep” geothermal energy numerous small- and medium-sized decentralised geothermal heat pump units are in use for heating and cooling of individual houses and office buildings (ground coupled heat pumps and groundwater heat pumps). Their total installed capacity (including electrical energy consumed) reached 3,900 MW_e in 2015 with a geothermal (renewable share) heat production of about 5,700 GWh_e. After a period of growth in the past decade, the number of newly installed geothermal heat pumps decreased over the last years, due to economic and regulatory shortcomings.

Binary power plant technologies like organic Rankine and Kalina cycle allow electricity production at

temperatures down to 100 °C. This circumstance, combined with feed-in tariffs, makes geothermal power production economically feasible even for countries like Germany, lacking high enthalpy resources at shallow depth. With the commissioning of the 4.3 MW_e power plant at Grünwald/Laufzorn at the end of 2014, the installed geothermal electrical capacity in Germany reached 34.5 MW_e and a geothermal power production of 151,05 GWh_e in 2015.

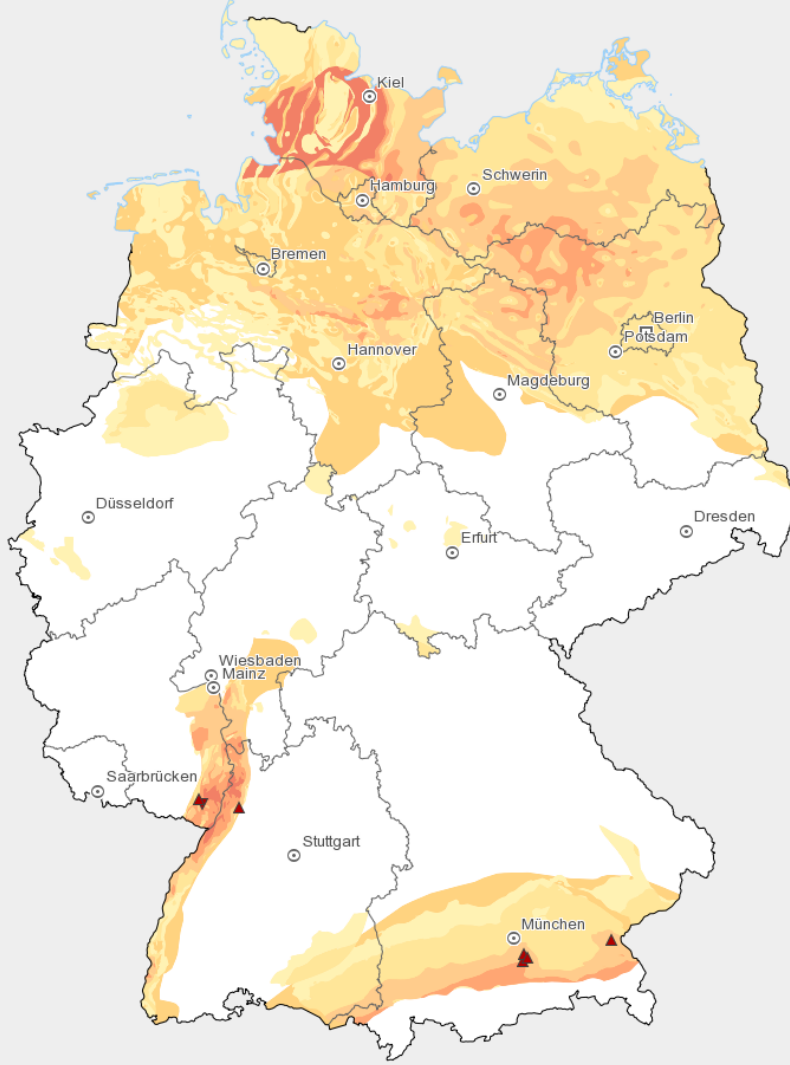
Besides supporting R&D projects, the Federal Government of Germany incentivizes new projects with the above mentioned feed-in tariff for geothermal electricity under the Renewable Energy Sources Act (EEG). The amendment of the EEG with improved conditions for geothermal energy came into effect on 1st January 2012. The subsidy for geothermal electricity was increased to 0.25 €/kWh with additional 0.05 €/kWh for the use of petrothermal (EGS) techniques. A revision of the EEG in summer 2014 abolished the petrothermal bonus, and deteriorated the economic boundaries for selling the electricity. The Renewable Heat Act (EEWärmeG) of 2009, which came into force in an amended version in 2011, mainly aims at the installation of renewable heat sources in buildings.

1. INTRODUCTION

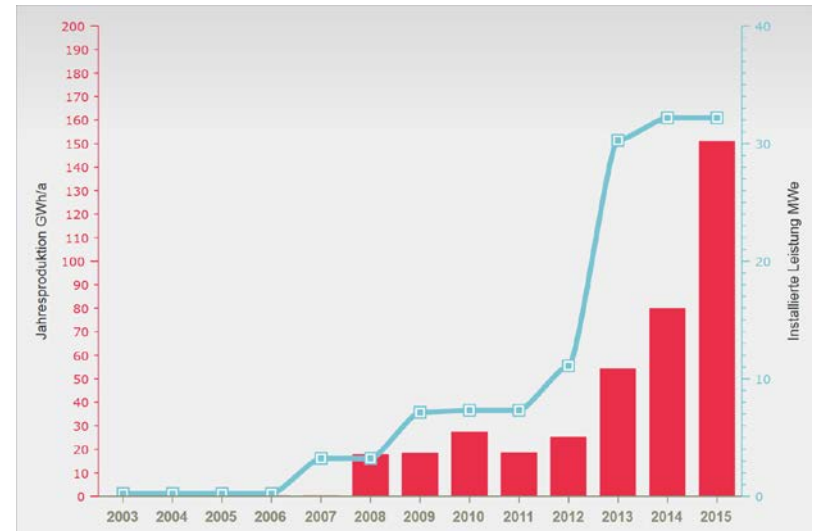
The majority of geothermal projects worldwide is located in geological systems with convection dominated heat transport such as magmatic arcs or large scale active faults (e.g. plate boundaries) (Moeck, 2014). Germany, with its conduction dominated heat transport systems, lacks natural steam reservoirs which can be used for a direct drive of turbines. Thus, geothermal power generation is based on the use of binary systems, which use a working fluid in a secondary cycle (Kalina cycle or ORC). Hydrothermal reservoirs with temperatures and hydraulic conductivities suitable for power generation can be expected and are already utilised particularly in the Upper Rhine Graben as an active deeply rooting fault system and the Alpine Molasse Basin as an orogenic foreland basin (Agenar et al. 2014a, b; Moeck, 2014). A successful development of geothermal technologies enhancing reservoir

Tiefe Geothermie - Strom

ATKIS® DLM250/1000, GN250/1000, VG250, © BKG 2006

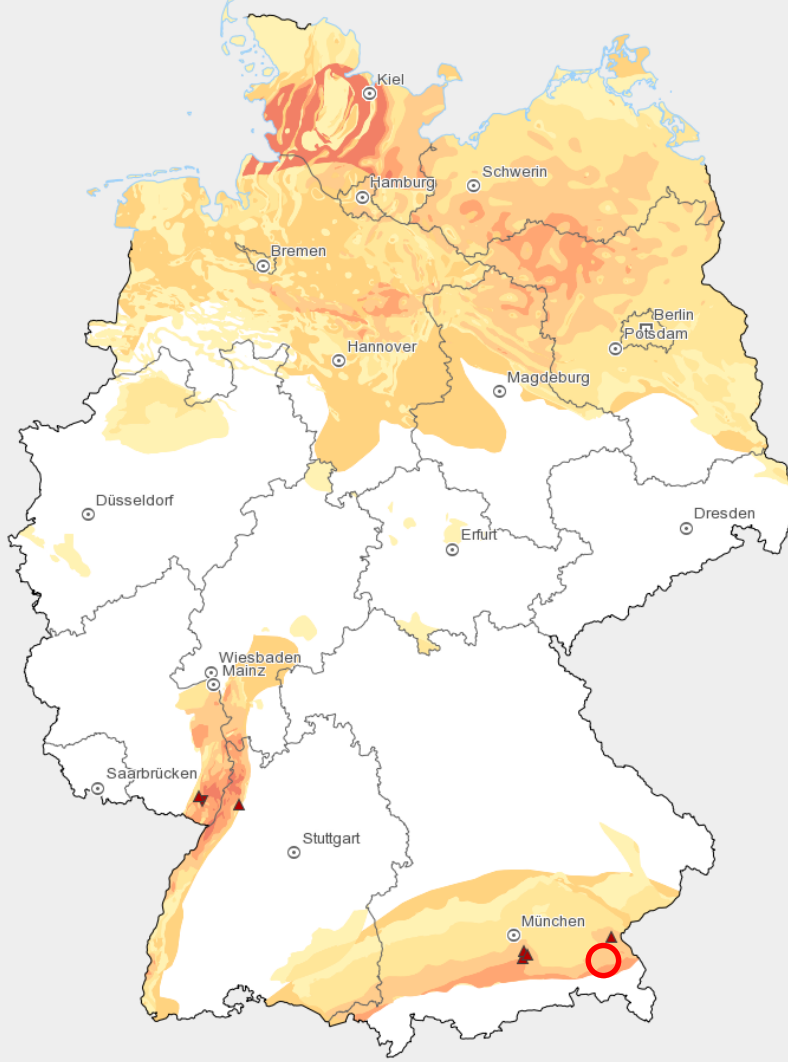


Status Stromerzeugung 2015:
8 Anlagen
Installierte Leistung: 32,2 MWe
Jahresproduktion: 151,1 GWh/a



Tiefe Geothermie - Strom

ATKIS® DLM250/1000, GN250/1000, VG250, © BKG 2006



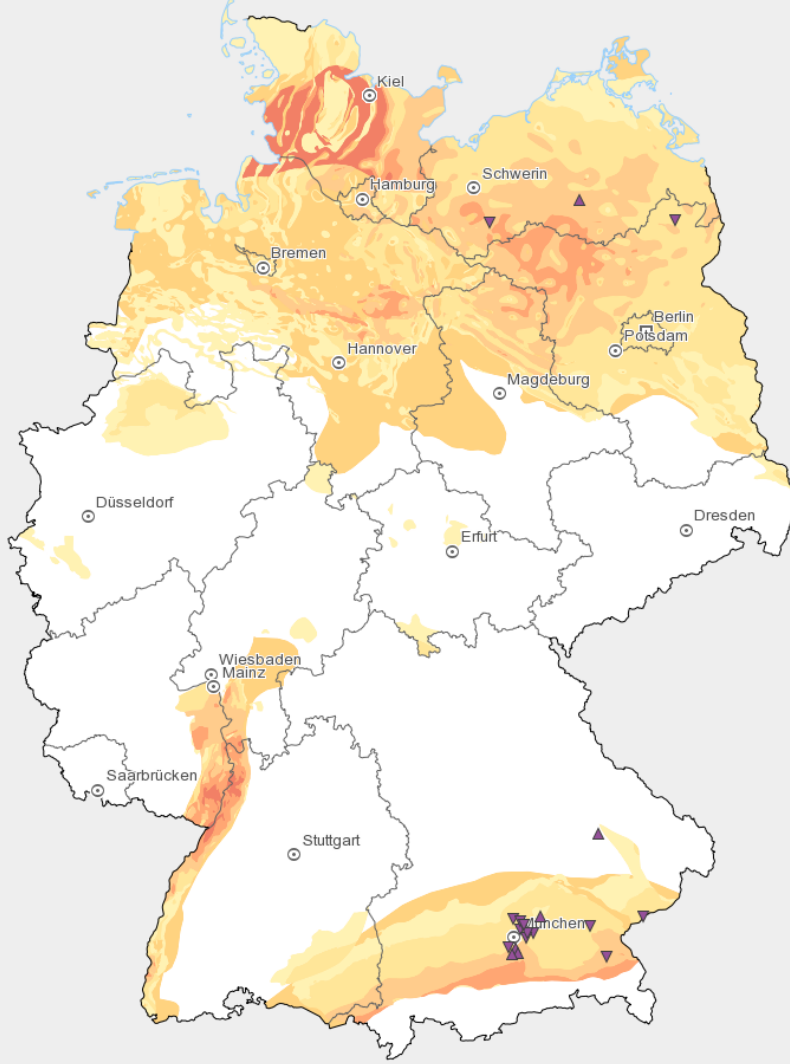
2016: Traunreut
Installierte Leistung: 5,5 MWe



© Geothermische Kraftwerksgesellschaft Traunreut mbH

Tiefe Geothermie - Wärme

ATKIS® DLM250/1000, GN250/1000, VG250, © BKG 2006

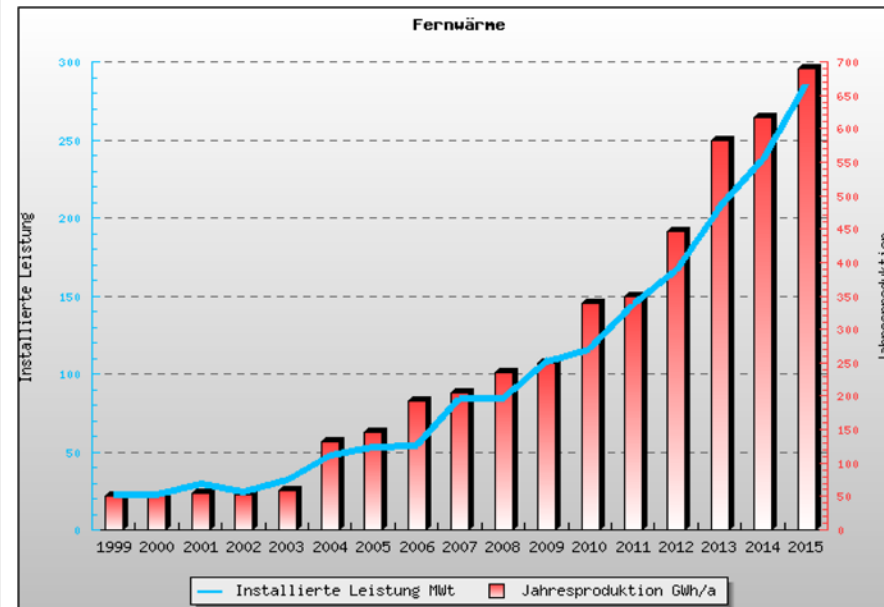


Status Fernwärme 2015:

24 Anlagen

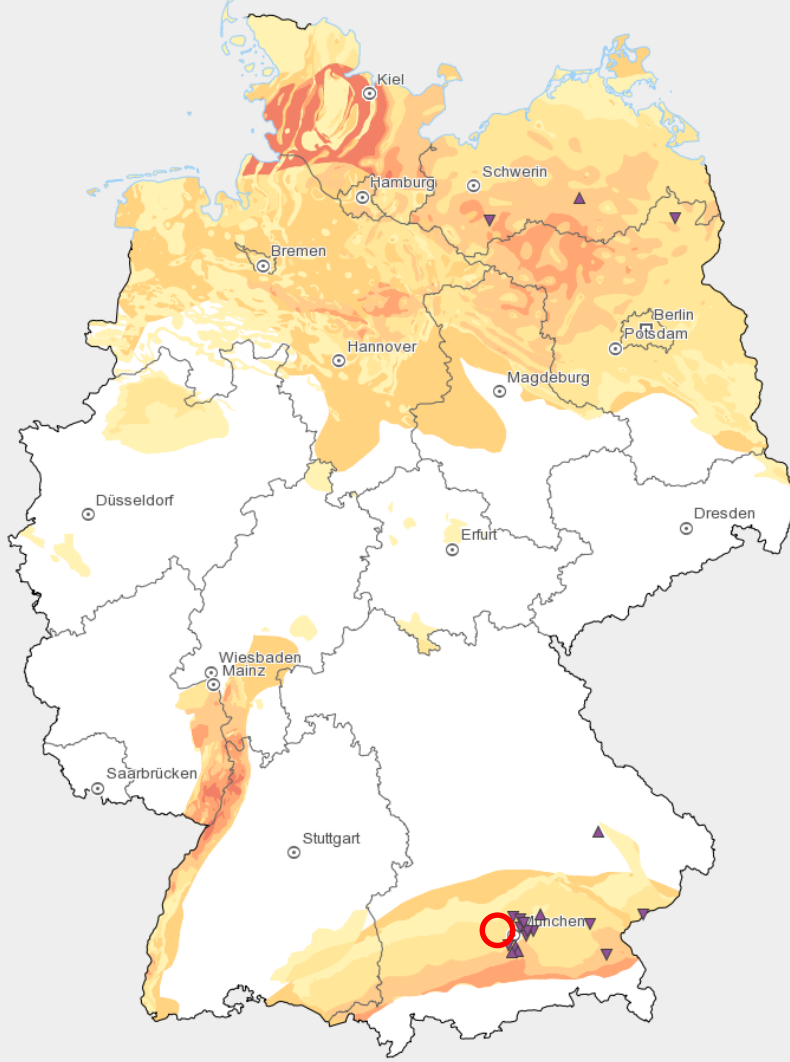
Installierte Leistung: 285,0 MWt

Jahresproduktion: 689,6 GWh/a



Tiefe Geothermie - Wärme

ATKIS® DLM250/1000, GN250/1000, VG250, © BKG 2006



2016: Freiam
Installierte Leistung: 20 MWt



Geothermische Energienutzung 2015

	Installierte Leistung	Jahresproduktion
• Strom:	32,2 MWe	151,1 GWh

Geothermische Energienutzung 2015

	Installierte Leistung	Jahresproduktion
• Strom:	32,2 MWe	151,1 GWh
• Fernwärme:	285,0 MWt	689,6 GWh
• Thermalbäder:	48,3 MWt	400,0 GWh
• Gebäudeheizung:	3,3 MWt	9,5 GWh
• Gesamt:	336,6 MWt	1.099,1 GWh

Geothermische Energienutzung 2015

	Installierte Leistung	Jahresproduktion
• Strom:	32,2 MWe	151,1 GWh
• Fernwärme:	285,0 MWt	689,6 GWh (10,1 %)
• Thermalbäder:	48,3 MWt	400,0 GWh (6,0 %)
• Gebäudeheizung:	3,3 MWt	9,5 GWh (0.1 %)
• Gesamt:	336,6 MWt	1.099,1 GWh (16,2 %)
• Erdwärmepumpen:	3.900,0 MWt	5.704,0 GWh (83,8 %) (geothermischer Anteil)
• Wärme gesamt:	4.236,6 MWt	6.804,0 GWh

Erdwärmepumpen-Statistik

Grundlagen der Berechnung:

- Bestand 2015 = Stand 2014 + Verkaufszahlen 2015 – Ausfallrate 2015

Erdwärmepumpen-Statistik

Grundlagen der Berechnung:

- Bestand 2015 = Stand 2014 + Verkaufszahlen 2015 – Ausfallrate 2015
- **Stand 2014:** 312.194 WP
- Verkaufszahlen 2015: 17.000 WP (Quelle: BWP 2016)
- Ausfallrate 2015: 4.142 WP; Mittelwert von 2 Szenarien:
 - Szenario 1: Ausfall entspricht 2 % aller Wärmepumpen (6.584 WP)
 - Szenario 2: Ausfall entspricht 10 % der neu installierten WP (1.700 WP)
- Bestand 2015 = 312.194 + 17.000 – 4.142 = 325.052

(pers. Mitteilung Burkhard Sanner)

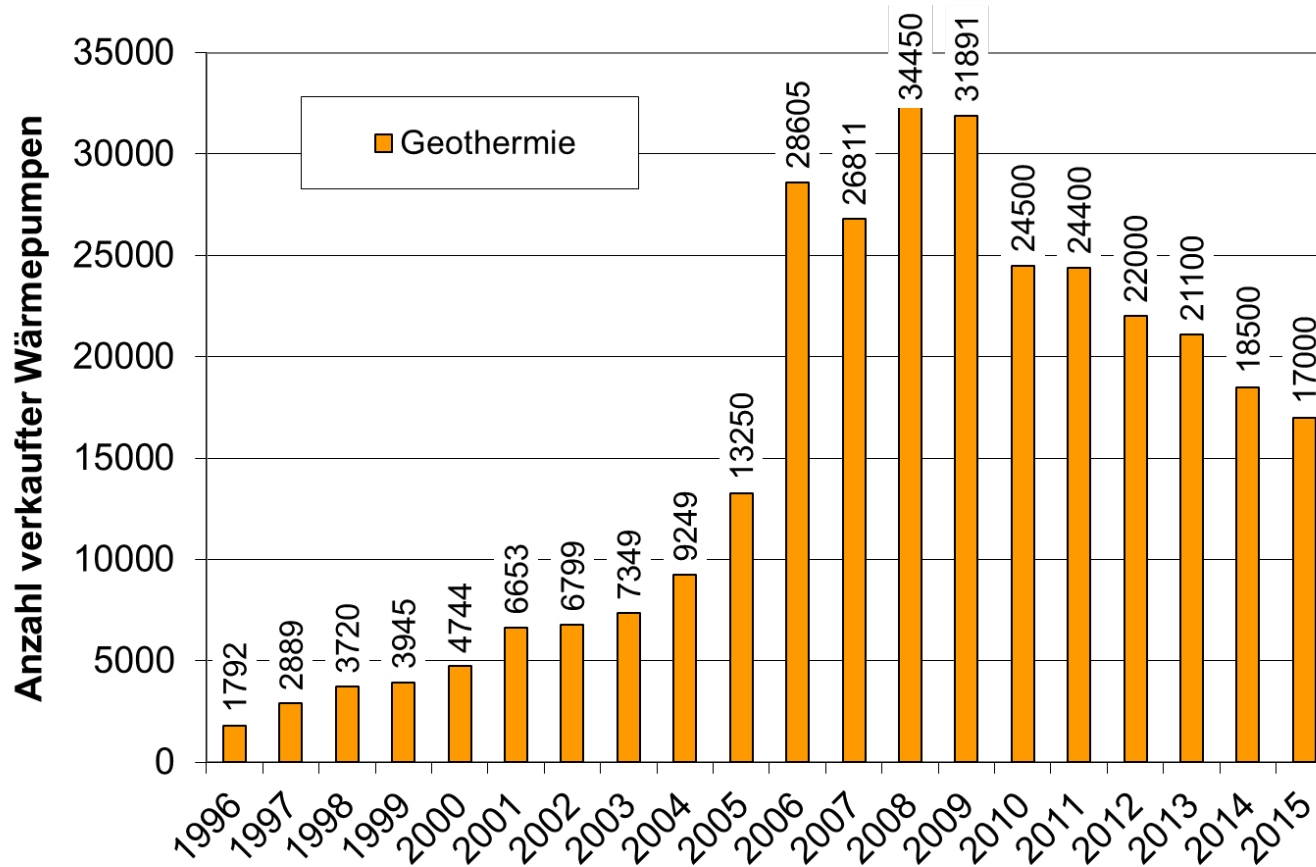
Erdwärmepumpen-Statistik

Grundlagen der Berechnung:

- Bestand 2015 = Stand 2014 + Verkaufszahlen 2015 – Ausfallrate 2015
- **Stand 2014:** 312.194 WP
- **Verkaufszahlen 2015:** 17.000 WP (Quelle: BWP 2016)
- **Ausfallrate 2015:** 4.142 WP; Mittelwert von 2 Szenarien:
 - Szenario 1: Ausfall entspricht 2 % aller Wärmepumpen (6.584 WP)
 - Szenario 2: Ausfall entspricht 10 % der neu installierten WP (1.700 WP)
- Bestand 2015 = 312.194 + 17.000 – 4.142 = 325.052

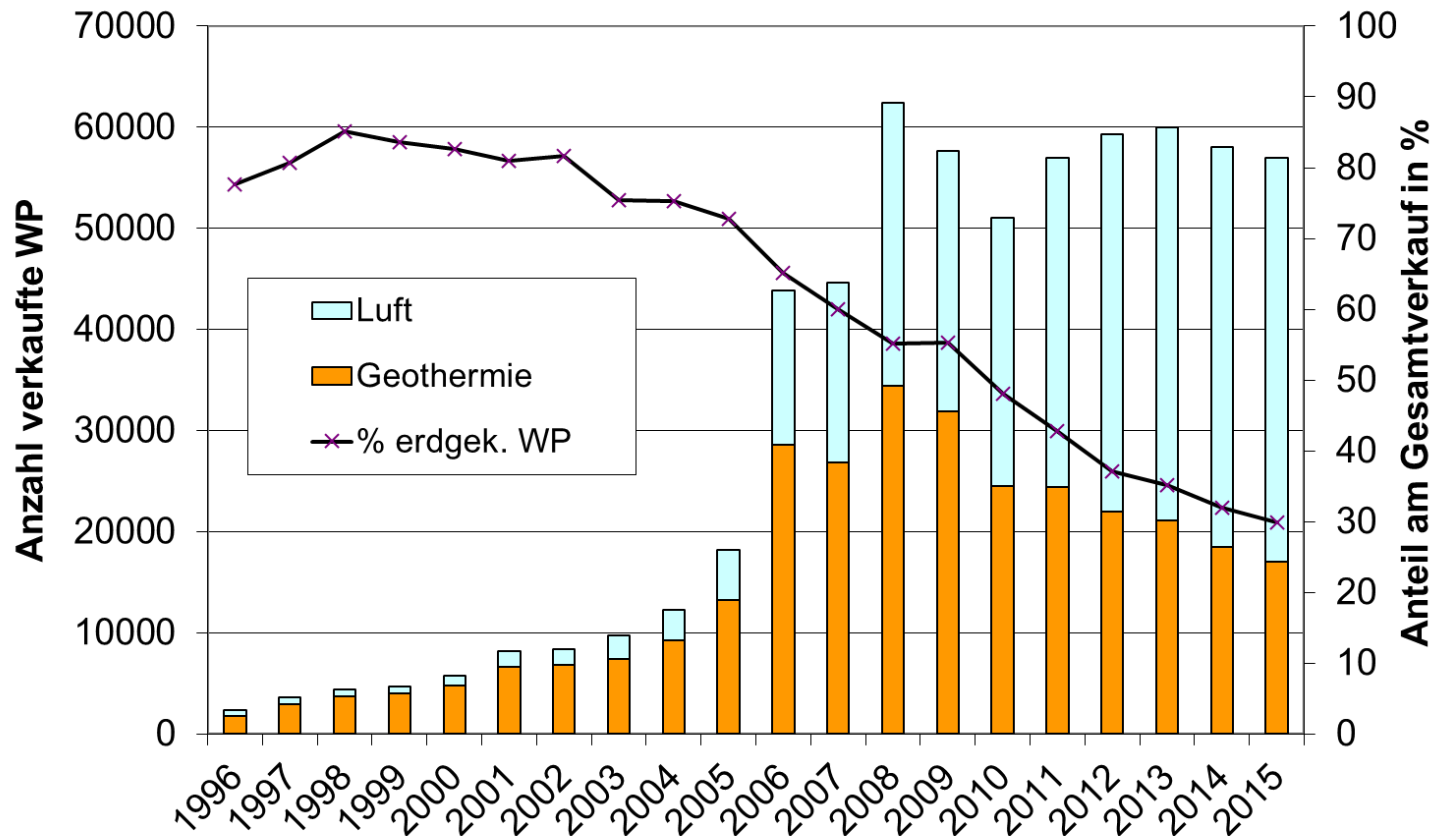
(pers. Mitteilung Burkhard Sanner)

Erdwärmepumpen-Statistik



Quelle: BWP

Erdwärmepumpen-Statistik



Quelle: BWP

Erdwärmepumpen-Statistik

Grundlagen der Berechnung:

- Bestand 2015 = Stand 2014 + Verkaufszahlen 2015 – Ausfallrate 2015
- **Stand 2014:** 312.194 WP
- **Verkaufszahlen 2015:** 17.000 WP (Quelle: BWP 2016)
- **Ausfallrate 2015:** 4.142 WP; Mittelwert von 2 Szenarien:
 - Szenario 1: Ausfall entspricht 2 % aller Wärmepumpen (6.584 WP)
 - Szenario 2: Ausfall entspricht 10 % der neu installierten WP (1.700 WP)
- Bestand 2015 = 312.194 + 17.000 – 4.142 = 325.052

(pers. Mitteilung Burkhard Sanner)

Erdwärmepumpen-Statistik

Grundlagen der Berechnung:

- Bestand 2015 = Stand 2014 + Verkaufszahlen 2015 – Ausfallrate 2015
- **Stand 2014:** 312.194 WP
- **Verkaufszahlen 2015:** 17.000 WP (Quelle: BWP 2016)
- **Ausfallrate 2015:** 4.142 WP; Mittelwert von 2 Szenarien:
 - Szenario 1: Ausfall entspricht 2 % aller Wärmepumpen (6.584 WP)
 - Szenario 2: Ausfall entspricht 10 % der neu installierten WP (1.700 WP)
- **Bestand 2015 = 312.194 + 17.000 – 4.142 = 325.052**

(pers. Mitteilung Burkhard Sanner)

Erdwärmepumpen-Statistik

Berechnung (nach EU Directive 2009/28/EC):

- **Gesamtleistung**

$$P_{Ges.} = n \cdot P_{Durchschnittl.} = 3.900 \text{ MW}_{th}$$

n = Anzahl WP = 325.000

$P_{Durchschnittl.}$ = Durchschnittsleistung einer WP = 12 kW
(Sole/Wasser = 10 kW; Wasser/Wasser = 14 kW; GZB 2010)

Erdwärmepumpen-Statistik

Berechnung (nach EU Directive 2009/28/EC):

- **Gesamtleistung**

$$P_{Ges.} = n \cdot P_{Durchschnittl.} = 3.900 \text{ MW}_{th}$$

n = Anzahl WP = 325.000

$P_{Durchschnittl.}$ = Durchschnittsleistung einer WP = 12 kW
(Sole/Wasser = 10 kW; Wasser/Wasser = 14 kW; GZB 2010)

- **Gesamte nutzbare Wärmemenge**

$$Q_{nutzbar} = H_{HP} \cdot P_{Ges.} = 7.605 \text{ GWh}$$

H_{HP} = Anzahl Volllaststunden = 1.950 h (2.070 h lt. EU)

Erdwärmepumpen-Statistik

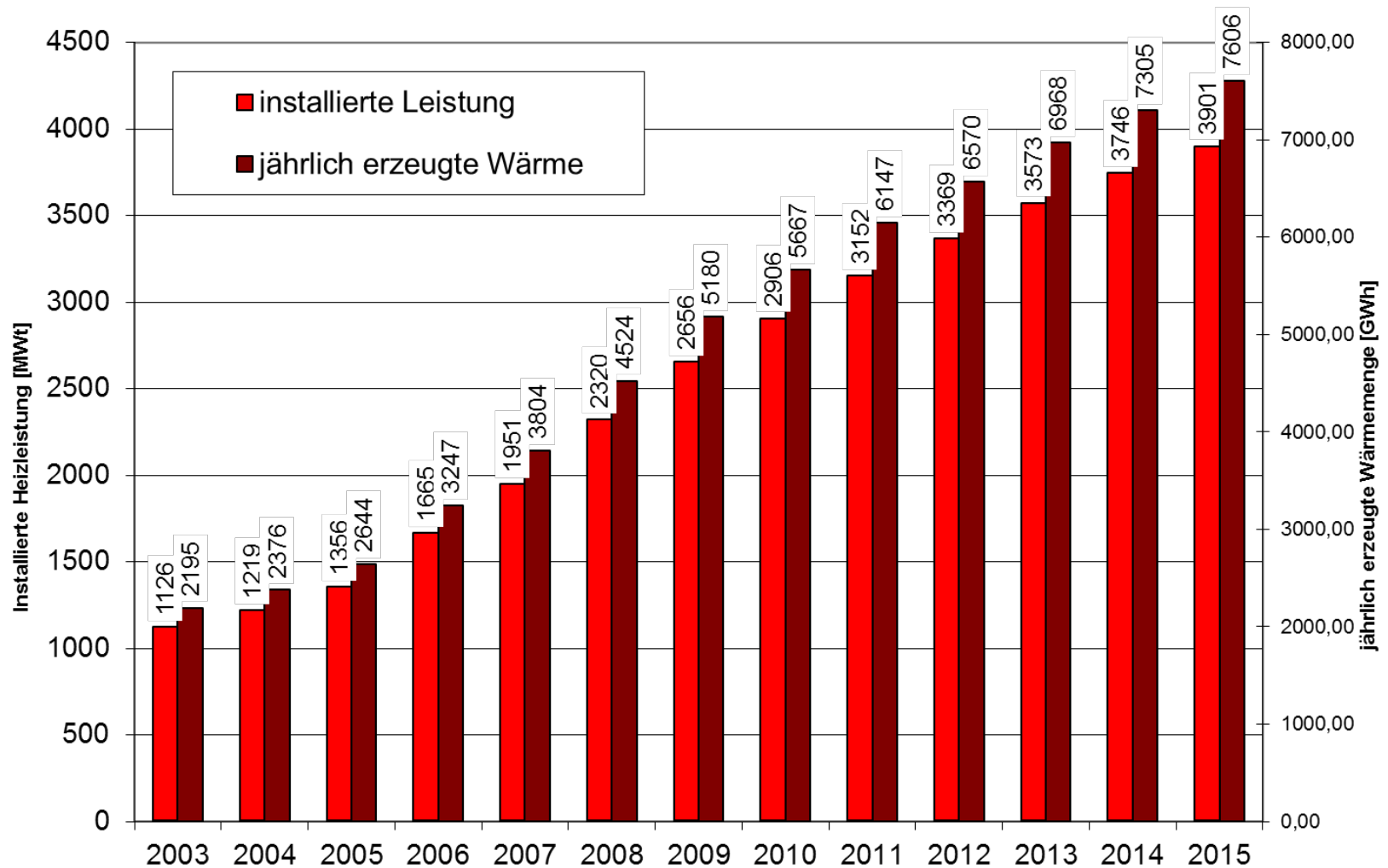
Berechnung:

- Geothermischer Anteil an nutzbarer Wärme

$$E_{RES} = Q_{nutzbar} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF} \right) = 5.704 \text{ GWh}$$

SPF = Seasonal Performance Factor = 4 (3,5 lt. EU)

Erdwärmepumpen-Statistik



WP-Statistik in anderen Ländern

Japan und Korea:

- offizielle Statistik beinhaltet nur öffentliche Gebäude
- Informationen zu Volllaststunden nicht vorhanden
- keine Unterscheidung zwischen Heizen und Kühlen
- Stromverbrauch der Wärmepumpen wird in Statistik nicht betrachtet (Überschätzung)

WP-Statistik in anderen Ländern

Schweiz:

- Bestimmung der jährlichen Verkaufszahlen und Annahme einer Ausfallrate (Modellierung einer Verteilung der Lebensdauer basierend auf einer maximalen Betriebsdauer von 45 Jahren)
- Unterteilung der Wärmepumpen nach Wärmequellen (Sole/Wasser bzw. Wasser/Wasser) und Leistung (<5 kW, 5-10 kW, 10-20 kW, 20-50 kW, 50-100 kW, 100-300 kW, >300 kW)
- Annahme einer „Standardlaufzeit“ (jährliche Volllaststunden): 1.932 h/a für Sole/Wasser-WP und 1.634 h/a für Wasser/Wasser-WP
- Einbeziehung der klimatischen Verhältnisse in Form von Heizgradtagen (Heiztag: Tagesmitteltemperatur unter 12 °C; Differenz zu 20 °C)
- Anwendung eines durchschnittlichen SPF (COP = 1,194 SPF) zur Abschätzung des geothermischen Anteils

IEA Geothermal – WG 8, Task D

Statistics for Geothermal Heat Pump Applications:

- Ziel: Bereitstellung eines Leitfadens zur Abschätzung geothermischer Energienutzung mit Erdwärmepumpen
- Teilnehmende Länder: Schweiz, Japan, Großbritannien und Korea
- Bestehende Probleme:
 - Inkonsistente Statistiken (selbst innerhalb eines Landes)
 - In manchen Ländern keine Unterscheidung zwischen Erd- und Luftwärmepumpen
 - Stromverbrauch der WP wird teilweise nicht berücksichtigt (Überschätzung)
 - Offizielle Statistiken rechnen Erdwärmepumpen teilweise nicht zu geothermischer Nutzung (Bsp. IEA: erneuerbare Wärme)
 - Keine echte Unterscheidung für die WP-Nutzung zum Heizen oder Kühlen (unterschiedl. COP)
 - Zählt die Kühlung mit WP eigentlich zur geothermischen Nutzung?
 - Keine Einteilung in Kategorien (private/kommerzielle Gebäudeheizung, Gewächshäuser, Beheizung von Schienen, Fischzucht, etc.); Anzahl Volllaststunden variiert
 - Unzureichendes Monitoring (bessere Abschätzung des SPF)

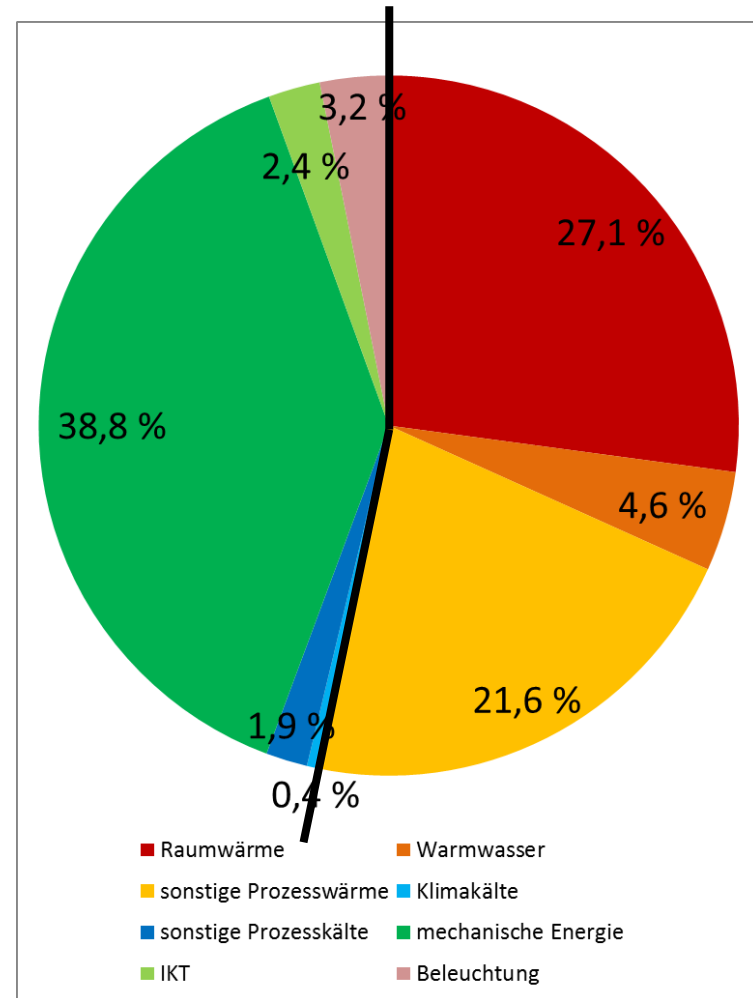
WGC 2015: Song et al. (2015): Toward a Better Way of Estimating Energy Utilization with Geothermal Heat Pumps: a Collaborative Study Under Annex VIII of IEA Geothermal

Energieverbrauch in Deutschland

Gesamtenergieverbrauch
(2015): 8.876,6 PJ

Wärmeverbrauch: 53,3 %

- ▶ kann nicht durch Bio-, Wind- oder Solarenergie abgedeckt werden
- ▶ Wärmewende nur mit Hilfe der Geothermie möglich



Quelle: BMWi 2016

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.