

# Rechtliche und praxisbezogene Aspekte der Geothermienutzung

Philipp Blum, Fabien Koch und Kathrin Menberg

Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), Abteilung Ingenieurgeologie



# Werdegang



1993 - 1996



1996 - 1997



1997 - 1998



1998 - 2000

**FRACFLOW**



2000 - 2003



1. April 2010

**AECOM**

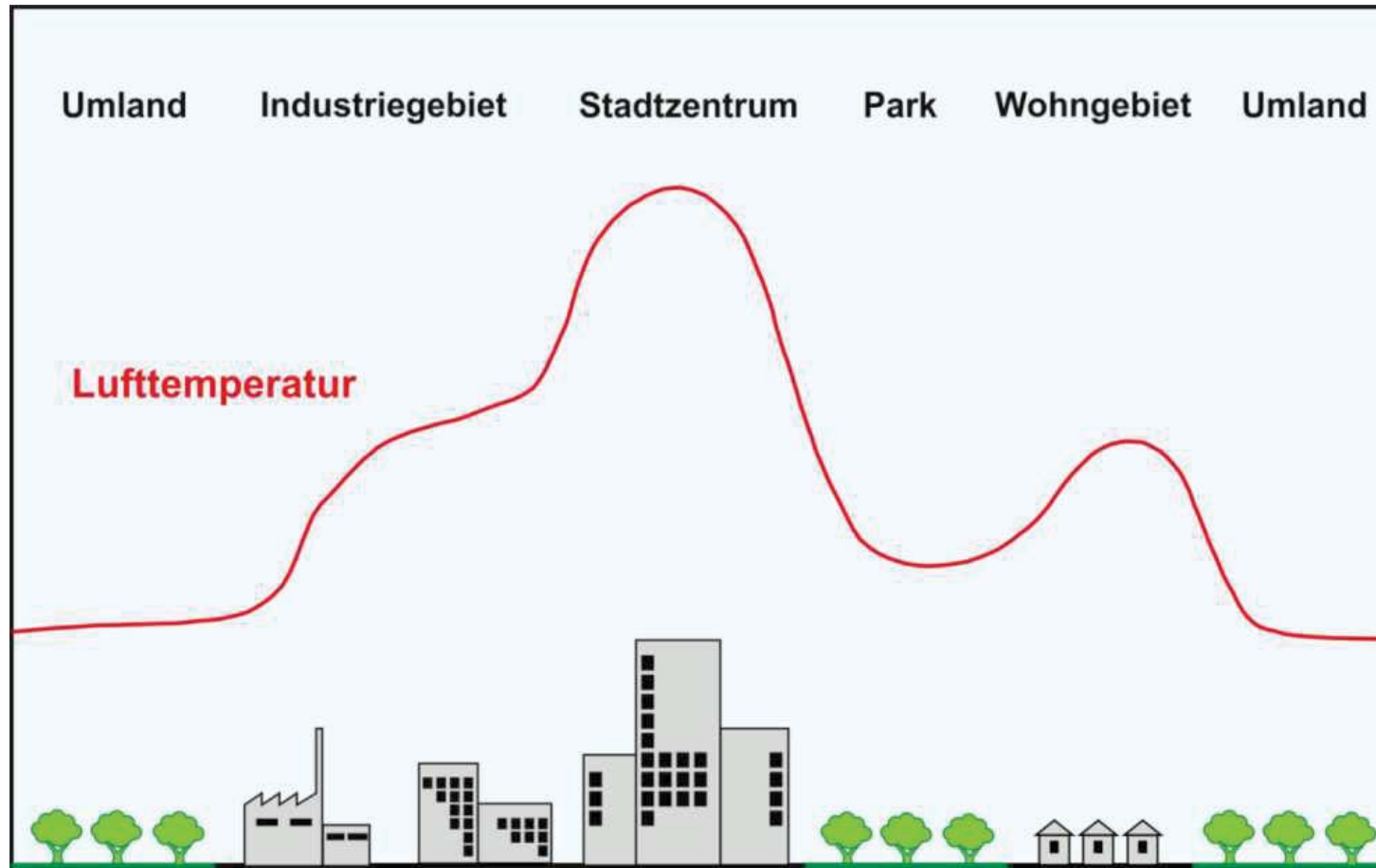
# Übersicht

- ▶ Urbane Wärmeinseln im Untergrund: Fluch und Segen
- ▶ Rechtliche Situation in Europa und Deutschland
- ▶ Rechtliche Handlungsempfehlung
- ▶ Fazit



# Urbane Wärmeinsel in der Atmosphäre

Lufttemperaturprofil über ein Stadtgebiet



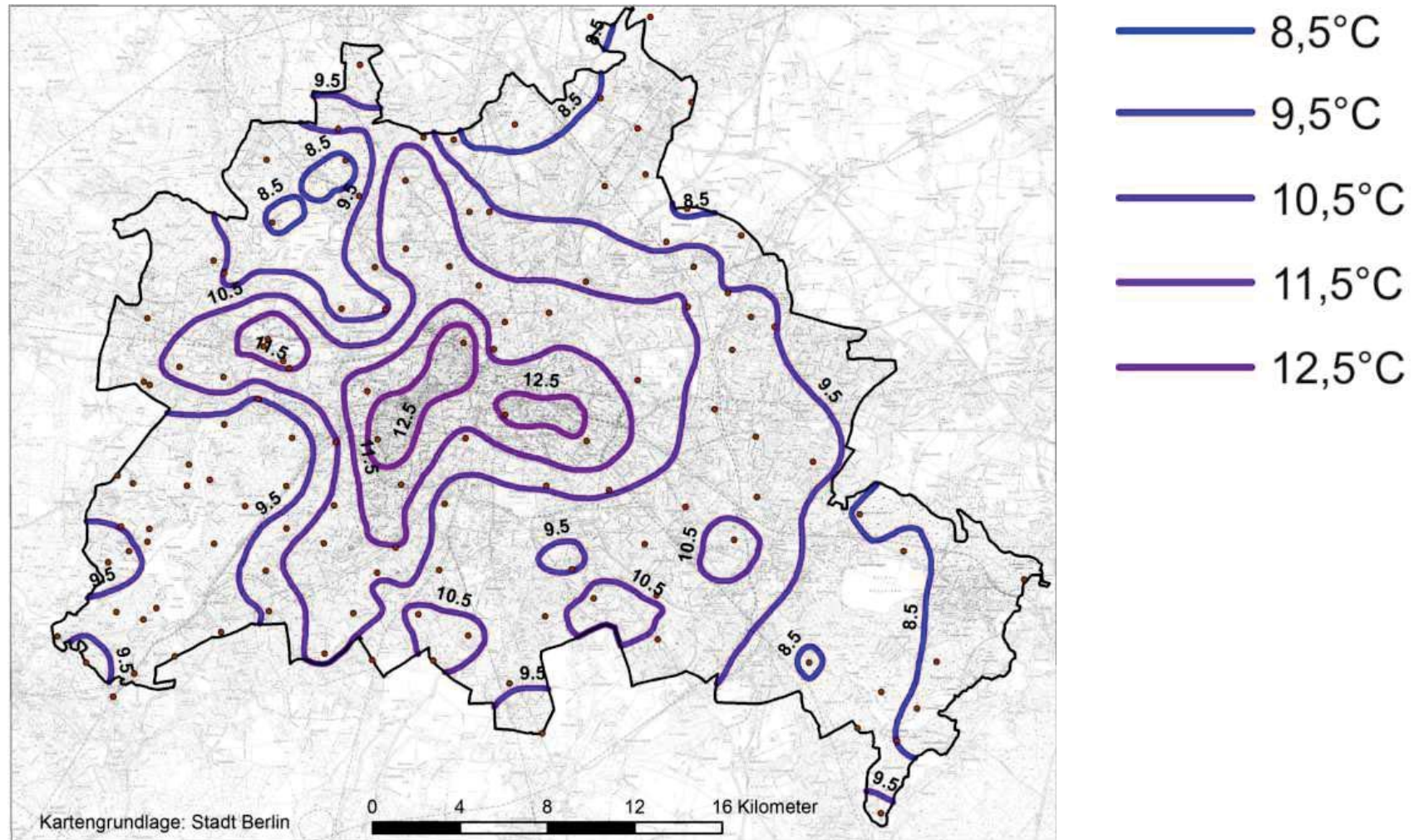
# Urbane Wärmeinsel im Untergrund

Messung von Grundwassertemperaturen, Grundwasserfauna und Sauerstoffgehalt



# Grundwassertemperaturen in Berlin

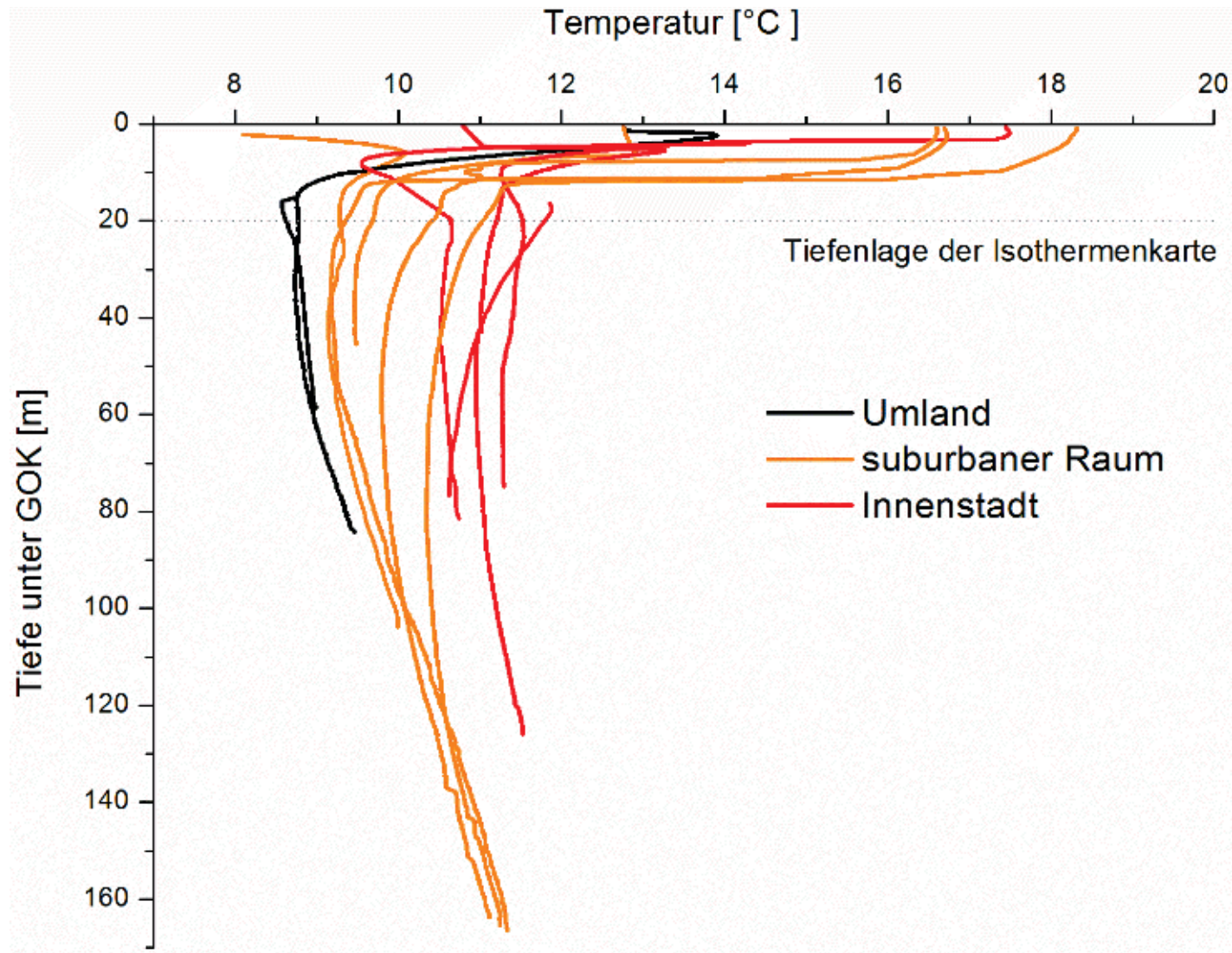
Grundwassertemperatur in 20 m Tiefe in 2010



Nach Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin 2010 (verändert)

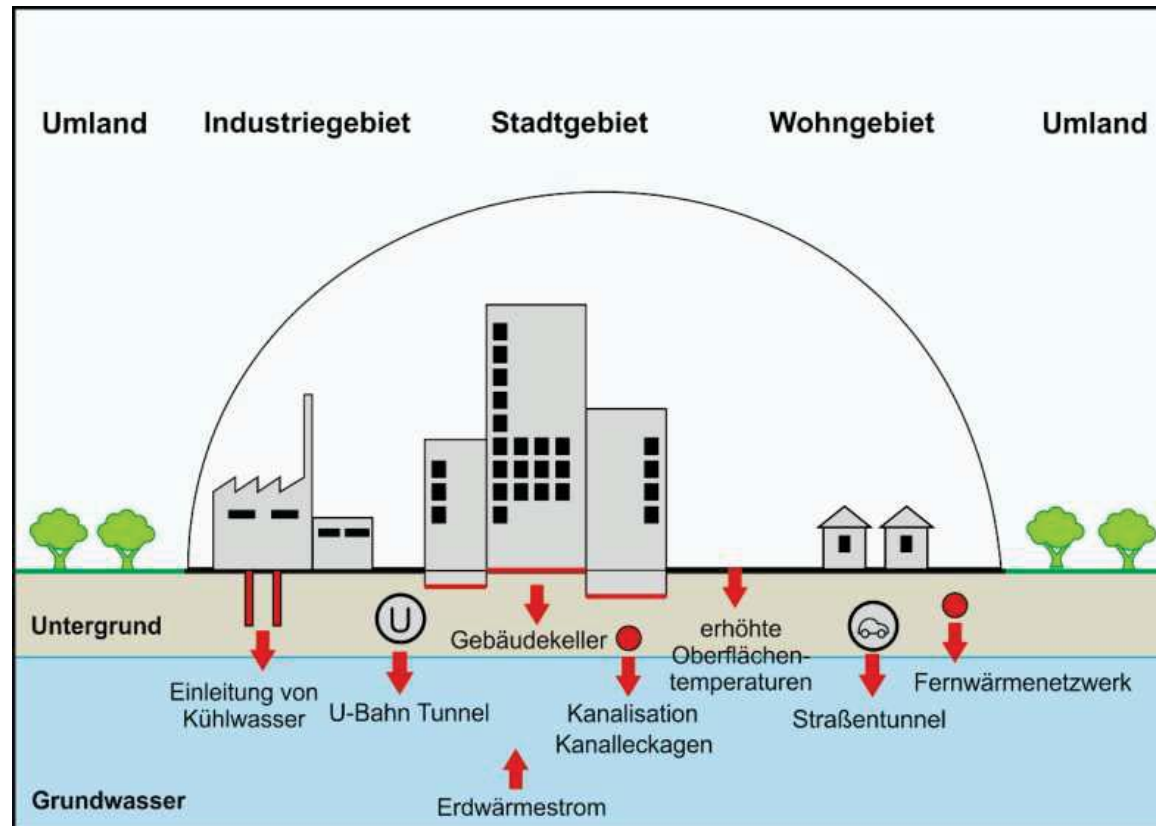
# Tiefe der urbanen Wärmeinsel

Temperatur-Tiefen-Profile in Berlin



# Urbaner Wärmeinseleffekt im Untergrund

Natürliche und anthropogene Wärmequellen

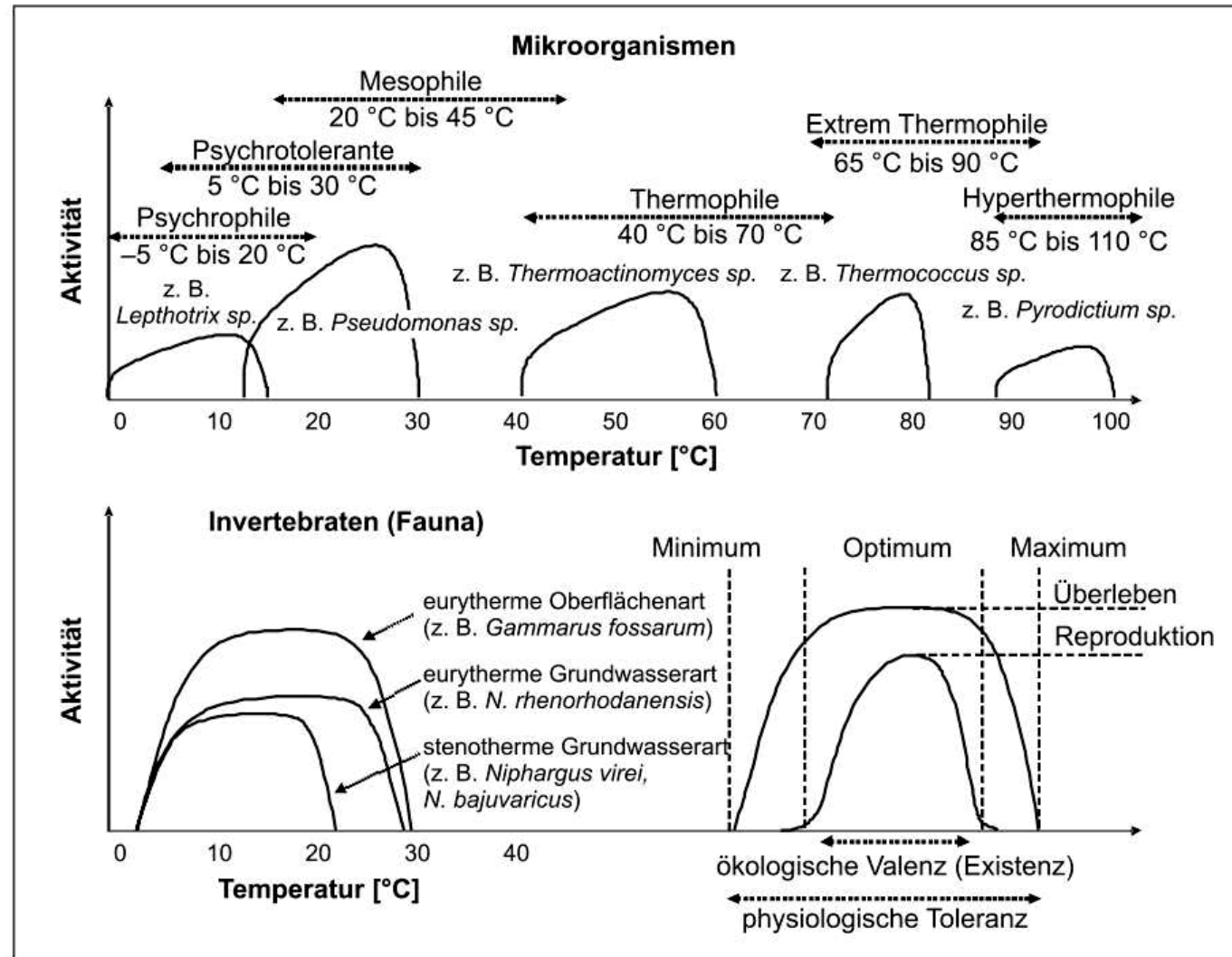


Erhöhte Grundwassertemperaturen →

- ▶ Mögliche Beeinflussung der Grundwasserqualität → **Fluch**
- ▶ Geothermische Nutzung zur Wärmeversorgung → **Segen**

# Mögliche Beeinflussung der Grundwasserqualität

## Mikroorganismen



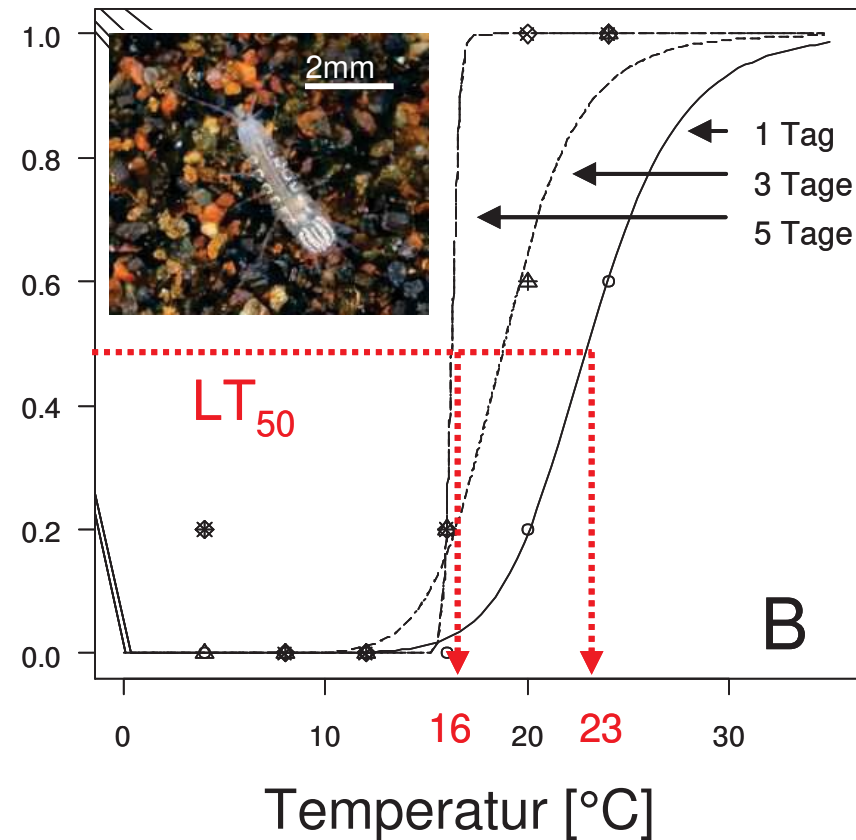
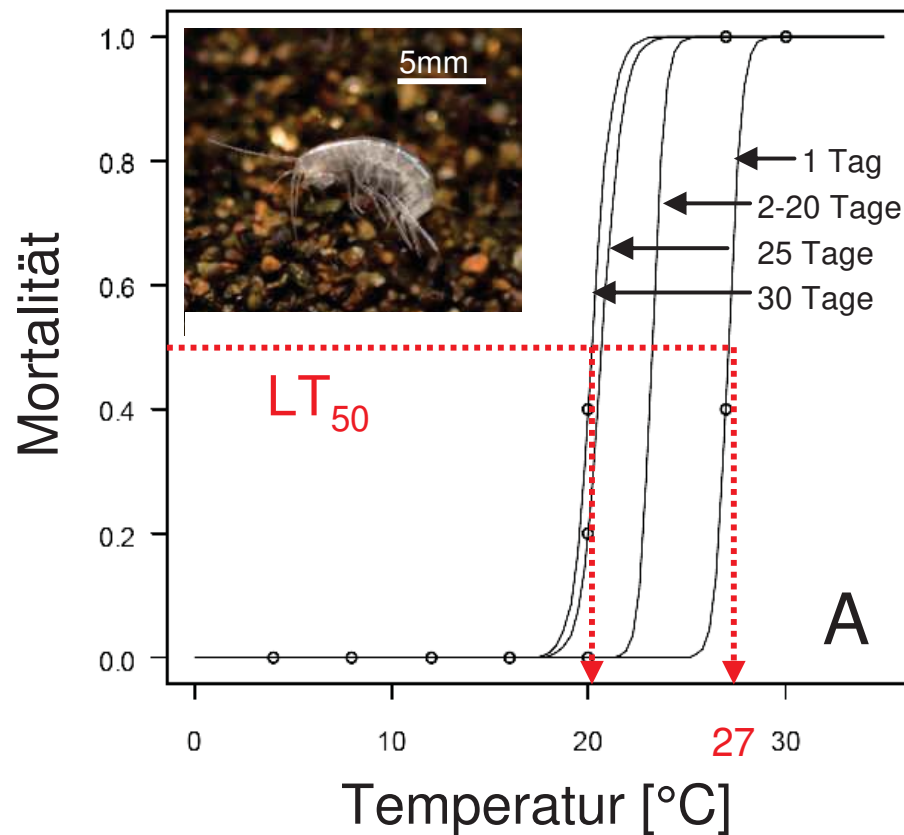
- Typische Mikroorganismen im Grundwasser überleben bis 45°C.

# Mögliche Beeinflussung der Grundwasserqualität

## Grundwasserinvertebraten: Flohkrebs und Höhlenassel

*Niphargus inopinatus*

*Proasellus cavaticus*



► Letale (tödliche) Temperatur ( $LT_{50}$ ) liegt zwischen 16-27°C.

# Mögliche Beeinflussung der Grundwasserqualität

## Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2011) 16:77–91  
DOI 10.1007/s00767-011-0166-9

FACHBEITRAG

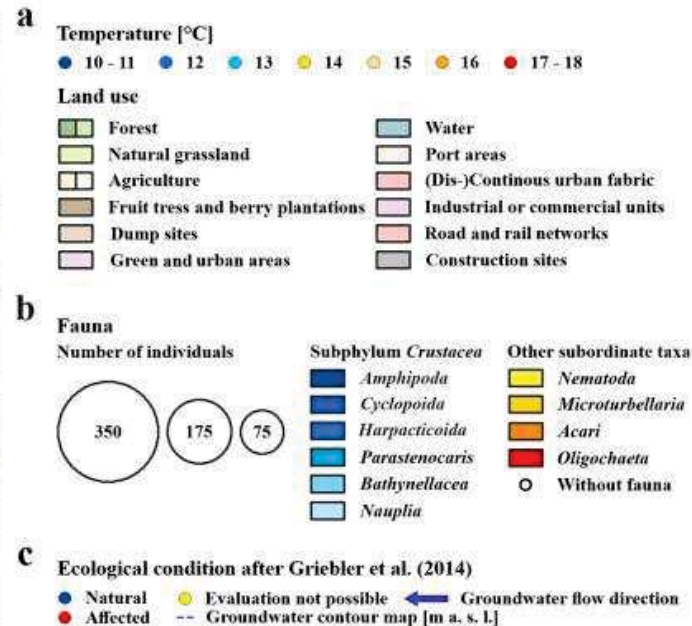
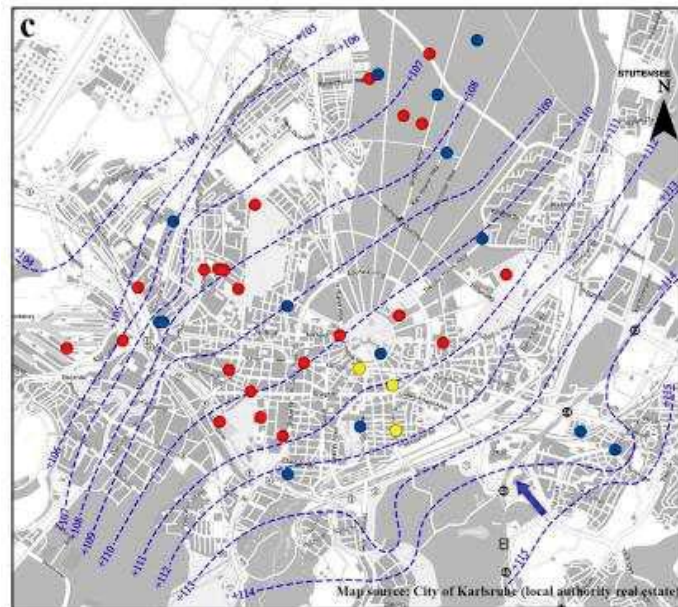
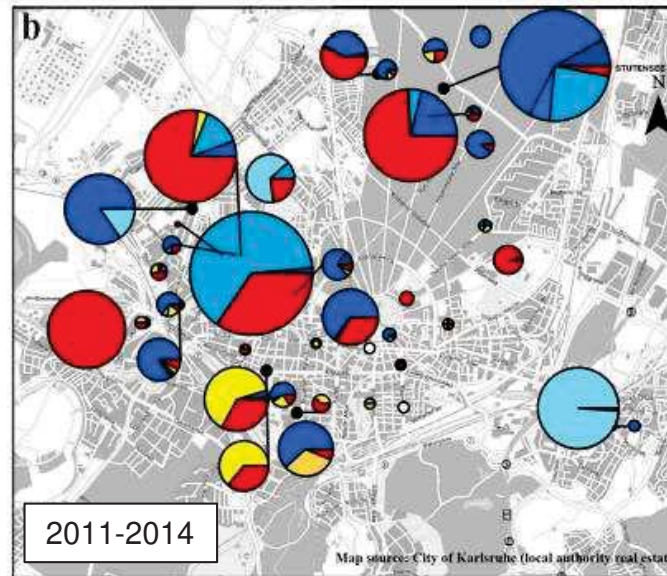
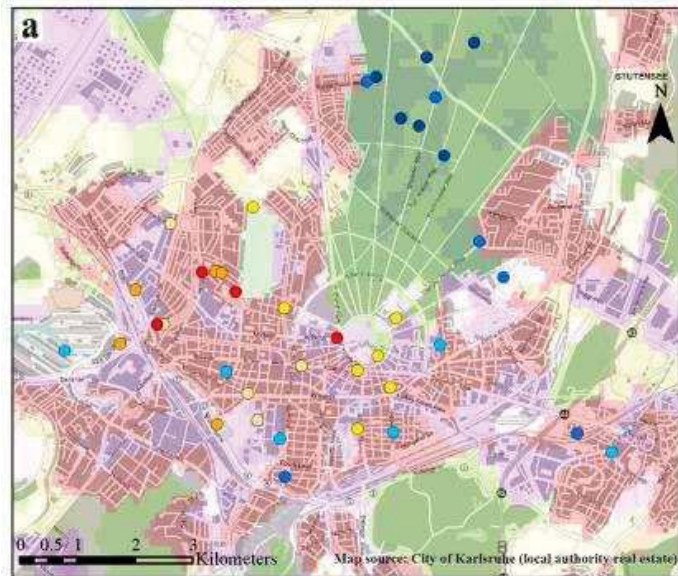
### Oberflächennahe Geothermie und ihre potenziellen Auswirkungen auf Grundwasserökosysteme

Heike Brielmann · Tillmann Lueders · Kathrin Schreglmann · Francesco Ferraro ·  
Maria Avramov · Verena Hammerl · Philipp Blum · Peter Bayer · Christian Griebler



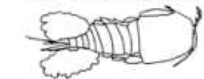
„Die maximal genehmigte Temperaturspanne sollte auf den physikalisch, chemischen und biologischen Zustand des jeweiligen Grundwasserleiters abgestimmt sein. Bei moderaten Temperaturveränderungen gibt es derzeit keine gesicherten Hinweise, dass eine lokale thermische Nutzung zu wesentlichen Störungen in unbelasteten Grundwasserökosystemen führt. In Ländern, wie z. B. in der **Schweiz** oder in **Frankreich** wurden Temperaturspannen von  $\pm 3$  K bzw.  $\pm 11$  K definiert (Hähnlein et al. 2010b). Die in **Deutschland** übliche Temperaturspanne von  $\pm 6$  K scheint in Bezug auf unsere bisherigen Untersuchungen vertretbar.“

# Grundwassertemperatur und -fauna in Karlsruhe



## Crustacea

Order: Cyclopoida



Order: Harpacticoida



Genus: Parastenocaris

Order: Bathynellacea



Order: Amphipoda



## Subordinate taxa

Subclass: Oligochaeta



Phylum: Nematoda



Class: Turbellaria

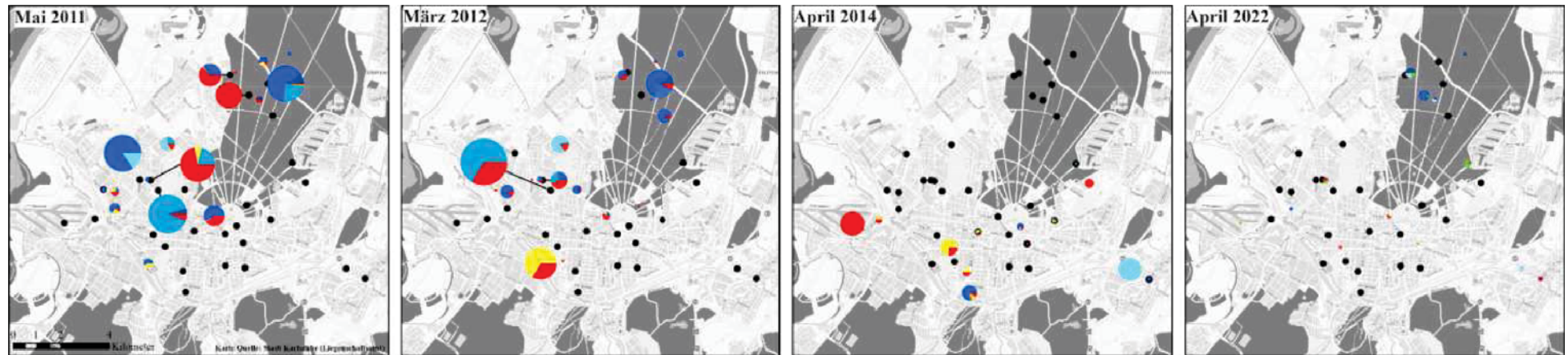


Subclass: Acari



> 70% Crustacea ⇒ natürlich

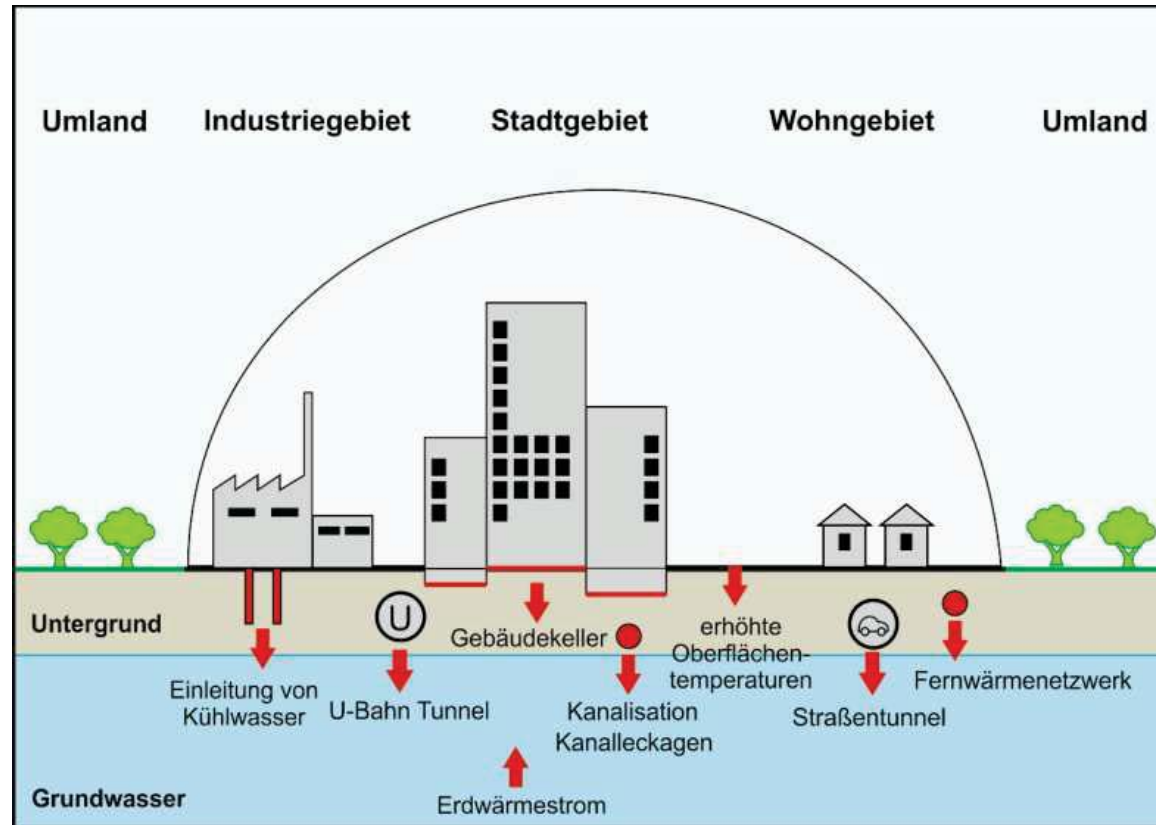
# Zeitliche Entwicklung der Grundwasserfauna in Karlsruhe



- ▶ Massive Abnahme der Grundwasserfauna in Karlsruhe beobachtet.
- ▶ Die Gründe hierfür sind nicht geklärt.

# Urbaner Wärmeinseleffekt im Untergrund

## Natürliche und anthropogene Wärmequellen



Erhöhte Grundwassertemperaturen →

- ▶ Mögliche Beeinflussung der Grundwasserqualität → **Fluch**
- ▶ Geothermische Nutzung zur Wärmeversorgung → **Segen**

# Geothermische Nutzung

## Geothermisches Potential der urbanen Wärmeinsel

**Table 2.** Heat content and heating demand estimation for selected cities.

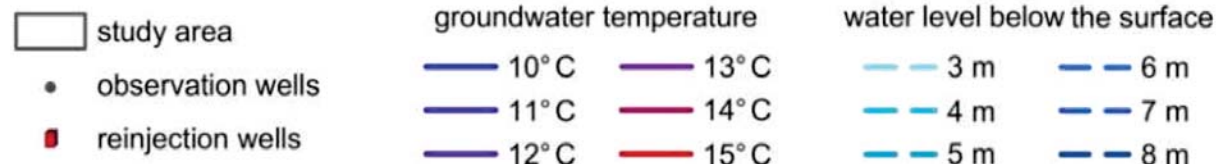
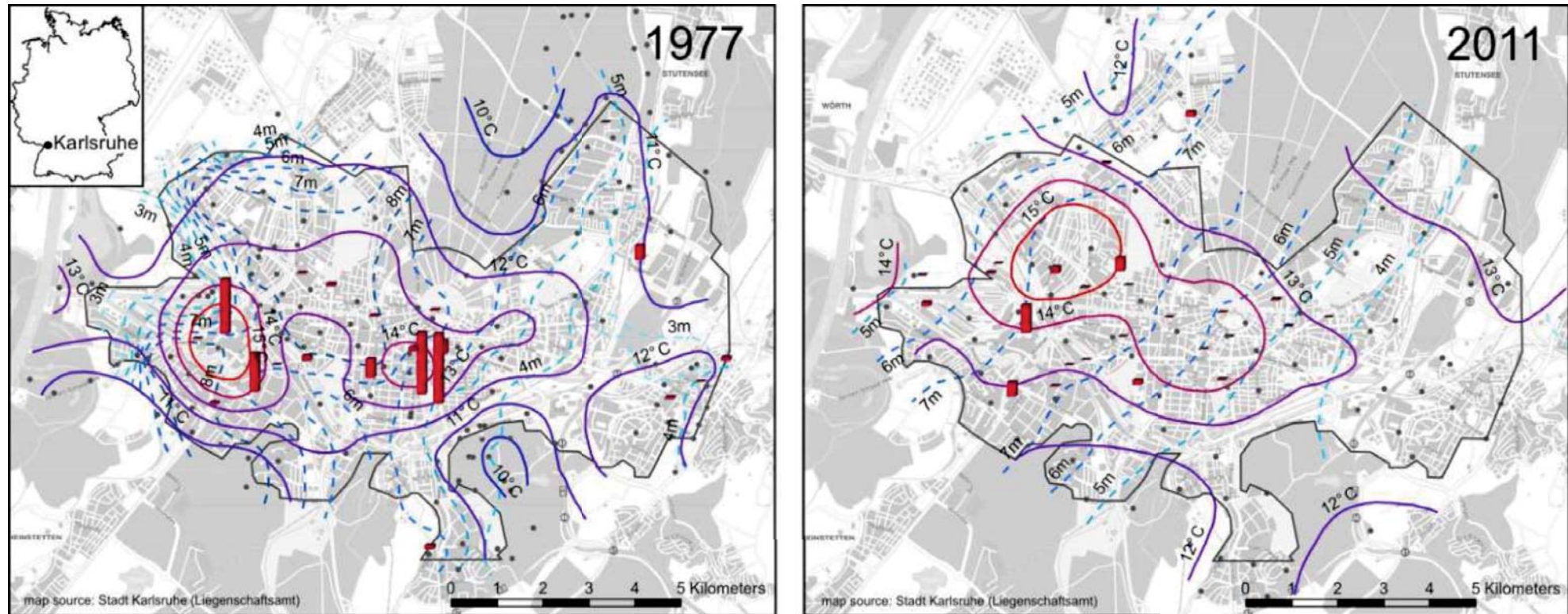
City	Area <sup>e</sup> (km <sup>2</sup> )	Population density <sup>c</sup> (km <sup>-2</sup> )	Aquifer material	Thickness (m)	Porosity <sup>f</sup> (—)	Potential minimal heat content (kJ km <sup>-2</sup> )	Heating demand (kJ year <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> )	Capacity for space heating* (—)
Cologne	405	2528	Gravel, sand	10–30	0.15–0.25	4.8 × 10 <sup>10</sup> – 4.8 × 10 <sup>11</sup>	1.9 × 10 <sup>10</sup>	2.5–25.5
Winnipeg	5302	1429	Carbonate	5–15	0.05–0.1	2.2 × 10 <sup>10</sup> – 2.1 × 10 <sup>11</sup>	4.1 × 10 <sup>10</sup>	0.5–5.6
Shanghai	6200	2646	Sand, clay <sup>g</sup>	10–20 <sup>g</sup>	0.2–0.3	5.0 × 10 <sup>10</sup> – 3.5 × 10 <sup>11</sup>	2.3 × 10 <sup>9h</sup>	22.2–155.1
Tokyo	2187	5874	Sand, clay <sup>i</sup>	30–70 <sup>i,j</sup>	0.2–0.3	5.0 × 10 <sup>10</sup> – 7.0 × 10 <sup>11</sup>	2.5 × 10 <sup>10k</sup>	5.9–48.3
London	1707	4761	Chalk <sup>l</sup>	30–40 <sup>l</sup>	0.05–0.2	1.1 × 10 <sup>11</sup> – 5.6 × 10 <sup>11</sup>	9.5 × 10 <sup>10m</sup>	1.4–6.9
Istanbul	1830	6211	Limestone <sup>n</sup>	10–30	0.05–0.25	4.4 × 10 <sup>10</sup> – 5.0 × 10 <sup>11</sup>	5.5 × 10 <sup>9p</sup>	8.0–92.9
Prague	496	2504	Sandstone <sup>q</sup>	10–30	0.1–0.3	4.6 × 10 <sup>10</sup> – 5.3 × 10 <sup>11</sup>	9.6 × 10 <sup>9r</sup>	4.8–55.0

<sup>a</sup> City Population (2010). <sup>b</sup> Spitz and Moreno (1996). <sup>c</sup> Zhang *et al* (2007). <sup>d</sup> The Climate Group of WADE (2005). <sup>e</sup> Hayashi *et al* (2009). <sup>f</sup> Taniguchi *et al* (2007). <sup>g</sup> Data from Agency for Natural Resources and Energy (2009). <sup>h</sup> Headon *et al* (2009). <sup>i</sup> Report: Energy Consumption in the UK (2007). <sup>j</sup> Yalcin and Yetemen (2009). <sup>k</sup> Sectoral Energy Consumption Statistics (2005). <sup>l</sup> Stulc (1998). <sup>m</sup> Data from Czech Statistical Office (2008).

\* Abkühlung von 2-6 K → Thermische Sanierung des Grundwassers → **Segen**

# Geothermische Nutzung

Wo ist der Fluch?



Grundwasserkühlanlagen → Einleitetemperaturen von 20 auf 25°C reduziert

# Geothermische Nutzung in Karlsruhe

## Warum?

In der folgenden Tabelle sind die bekannten Kühlwassereinleiter zusammengestellt:

Makurat (1980)

Einleiter Nr.	Entnahmetemperatur [°C]	Rückgabetemperatur [°C]	Wiedereinleitungs- menge [m <sup>3</sup> /a]	eingeleitete Wärmemengen [J/a · 10 <sup>11</sup> ]
1 (9)	12,2(gem)	15,6(gem)	175 200(erl)	24,90
2(22)	13,0(ang)	25,0(erl)	5 000(erl)	2,50
3 (2)	17,5(gem)	25,0(gem)	87 600(erl)	27,50
4 (3)	13,0(ang)	25,0(erl)	25 000(erl)	12,56
5(16)	13,4(gem)	25,0(erl)	262 800(erl)	127,57
6(24)	14,0(gem)	20,0(gem)	3000 000(erl)	753,39
7 (1)	13,0(ang)	25,0(erl)	1401 600(erl)	703,96
8(17)	13,0(ang)	20,0(erl)	8 000(erl)	2,34
9 (5)	13,0(ang)	25,0(erl)	87 600(erl)	43,99
10 (4)	13,0(ang)	25,0(erl)	55 000(erl)	27,62
11 (6)	12,9(gem)	18,3(gem)	61 320(erl)	13,85
12(20)	13,0(ang)	20,0(erl)	36 500(erl)	10,67
13(12)	12,4(gem)	23,4(gem)	45 115(erl)	20,76
14(11)	13,0(ang)	25,0(erl)	65 000(erl)	32,65
15 (8)	16,8(gem)	26,0(gem)	50 000(erl)	19,25
16(10)	13,0(ang)	25,0(erl)	1173 840(erl)	589,57
17 (7)	13,0(ang)	25,0(erl)	360 000(erl)	180,81
18(13)	13,5(gem)	21,0(gem)	306 000(erl)	96,22
19(23)	13,0(ang)	25,0(erl)	43 800(erl)	21,97
20(18)	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
21(15)	13,0(ang)	17,0(gem)	10 000(erl)	1,67
22(14)	13,0(ang)	25,0(erl)	745 667(gem)	374,52
23(19)	13,0(ang)	18,0(erl)	5 000(erl)	1,05
24(21)	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt

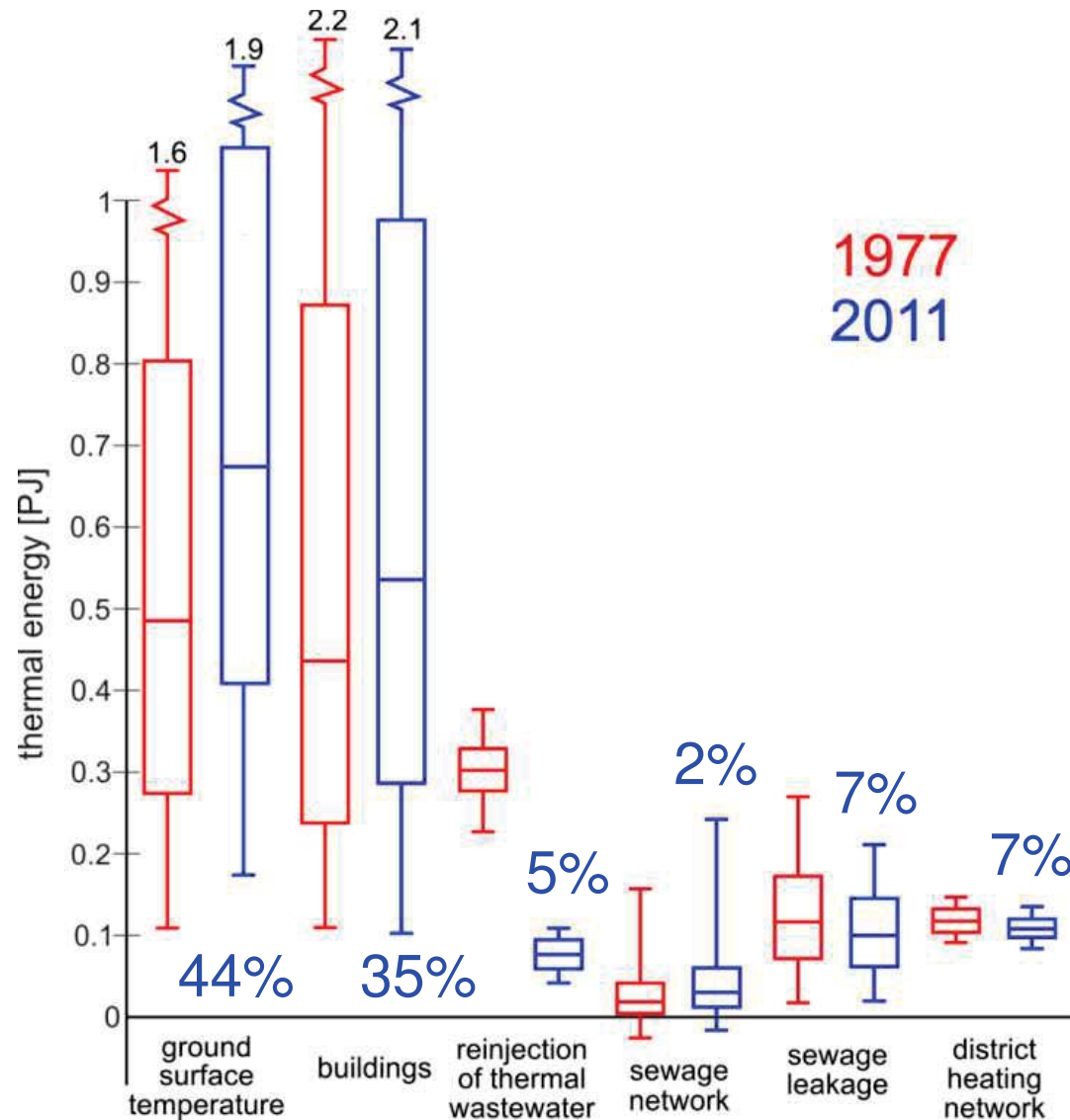
(ang) - angenommene Werte  
 (gem) - gemessene Werte  
 (erl) - erlaubte Werte  
 (x) - die in Klammern gesetzten Ziffern verweisen auf die von LOFI (1977) verwendete Nummerierung.

Summe: 3 089,36 · 10<sup>11</sup> J/a

→ Aktuelle maximale zulässige Einleitertemperaturen in Karlsruhe von 20°C!

# Anthropogener Wärmeeintrag ins Grundwasser

## Monte-Carlo-Simulation für Karlsruhe für 1977 und 2011



Summe aller Wärmeeinträge:

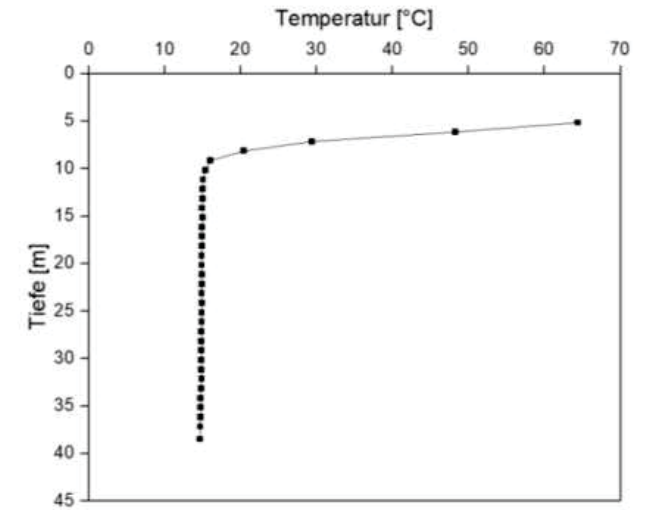
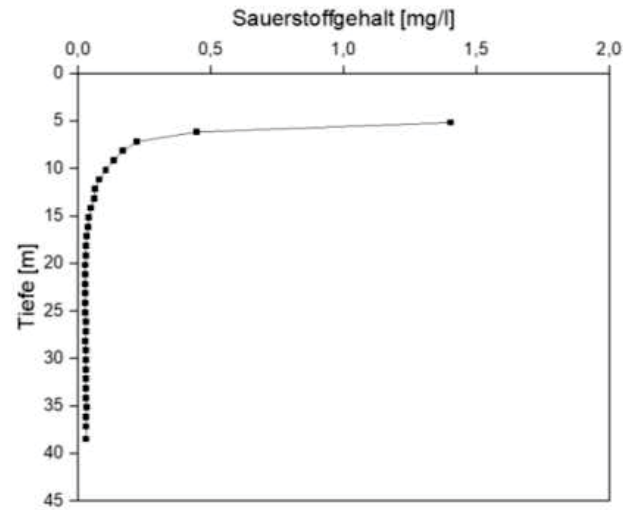
1977: Ø 1,48 Petajoule

2011: Ø 1,54 Petajoule

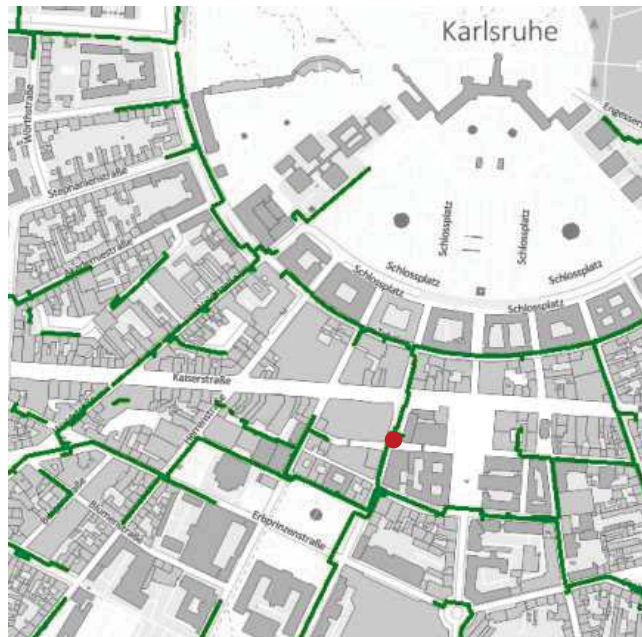
Aktuell benötigen nur geothermische Anlagen eine Genehmigung!

→ Warum nicht auch die Fernwärme, Gebäude, Tiefgaragen, Tunnel, usw.?

# Temperaturanomalie in Karlsruhe

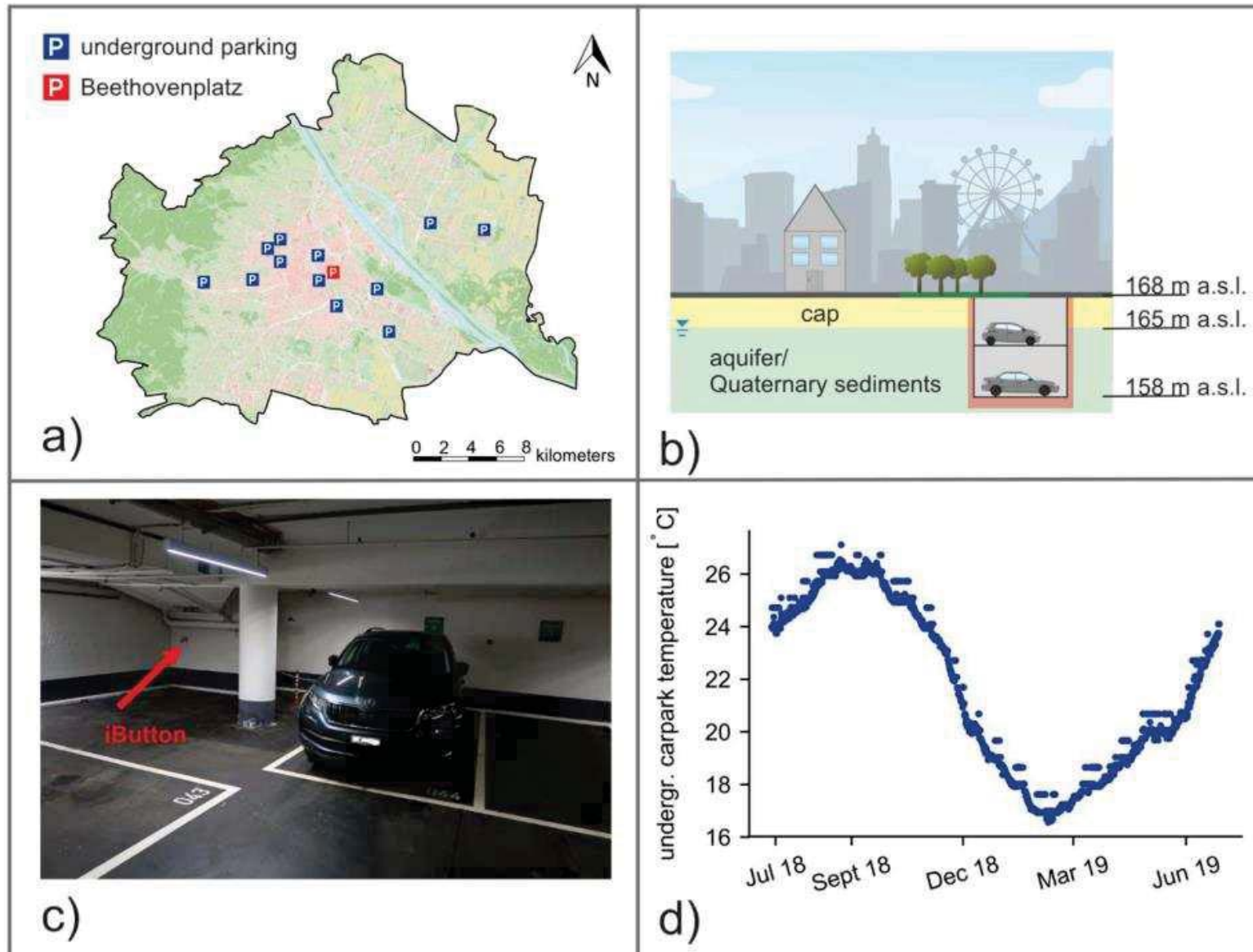


Kurultay (2023)

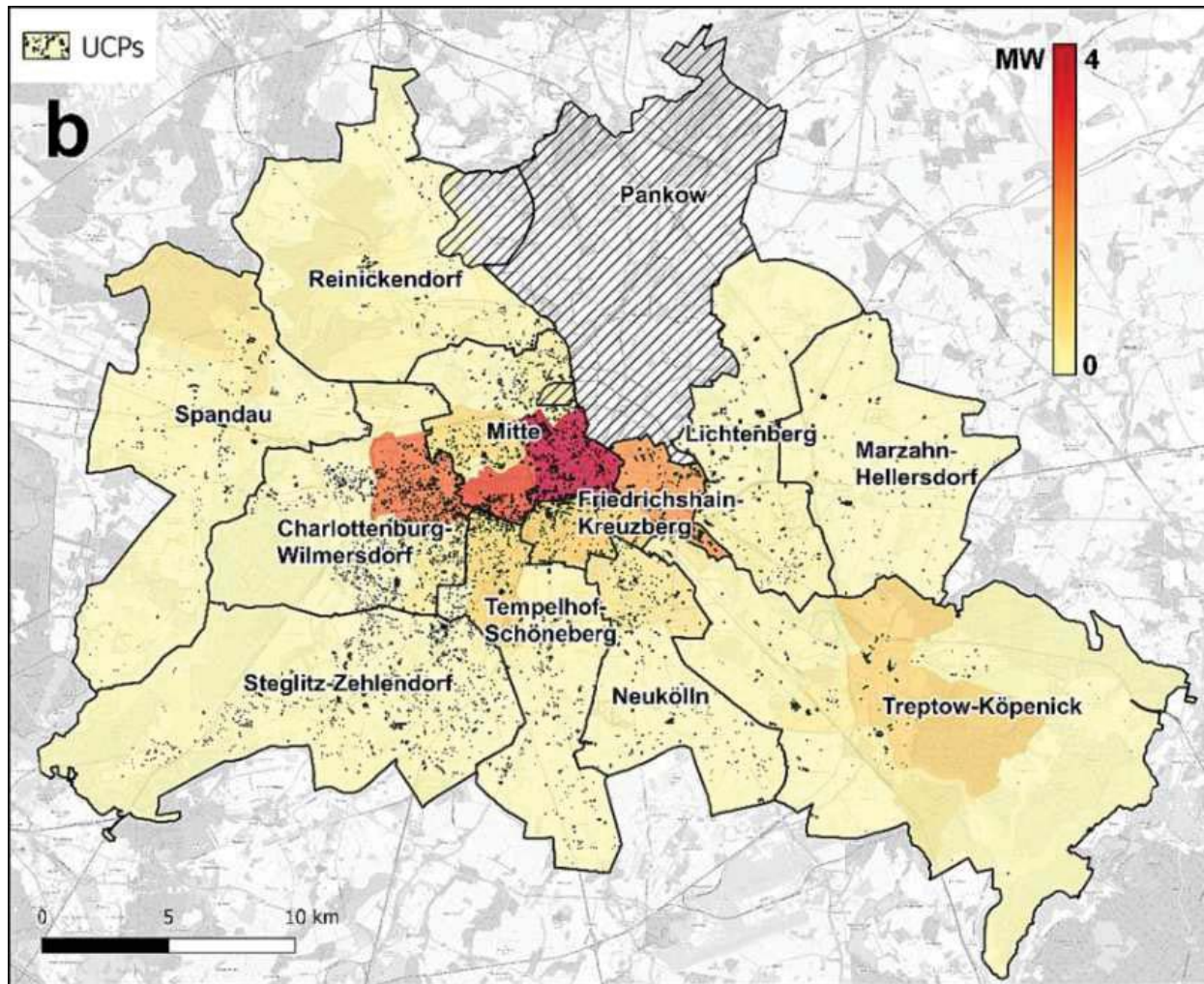


Aktuelle Bauarbeiten  
April 2024

# Wärmeeintrag durch Tiefgaragen in Wien

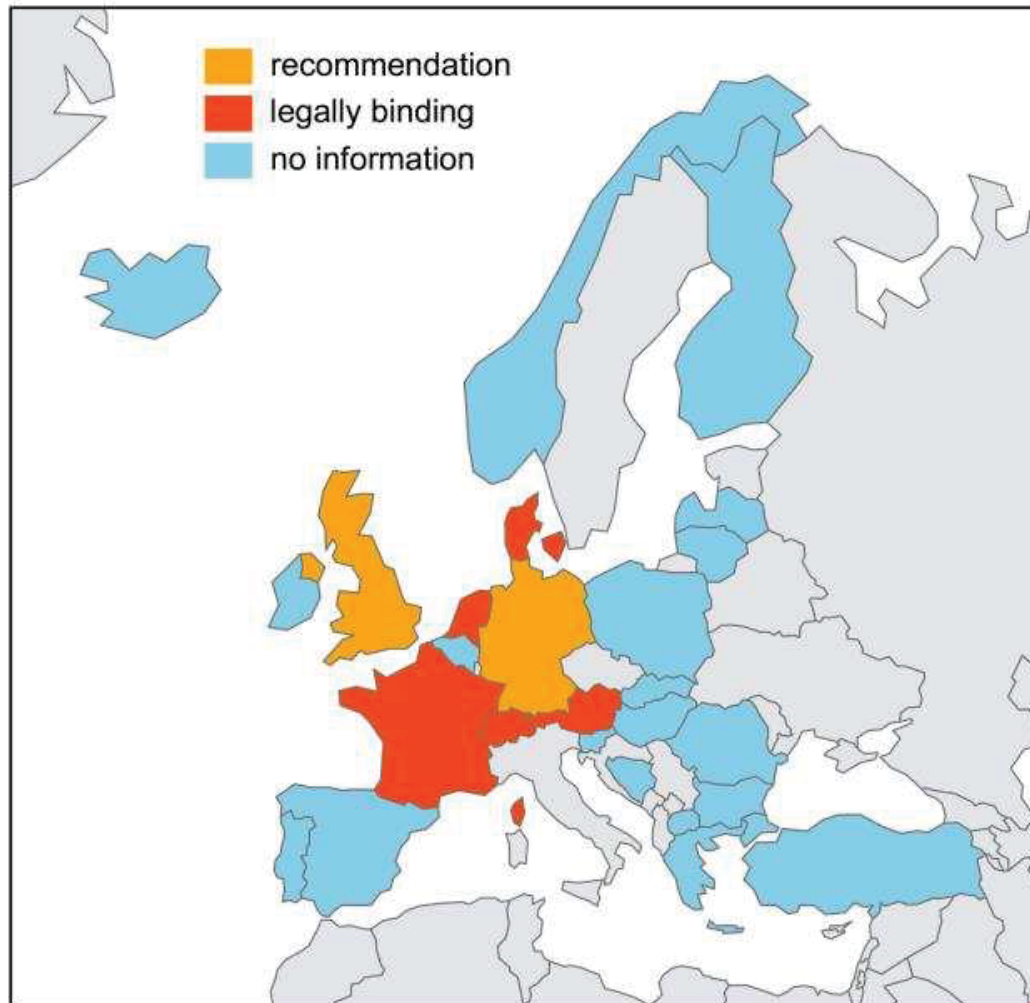


# Wärmeeintrag durch Tiefgaragen in Berlin



- ▶ In Berlin gibt es 5040 Tiefgaragen.
- ▶ Der Wärmeeintrag liegt bei ~653 TJ, das entspricht dem Heizbedarf von ~15.000 Haushalten.

# Rechtliche Situation in Europa



**Table 2**

Legally binding temperature threshold values for open geothermal systems taken from [Hähnlein et al. \(2010\)](#).

Country	Groundwater temperature difference (K)	Maximum groundwater temperature (°C)	Minimum groundwater temperature (°C)
EU member			
Austria	± 6	20	5
Denmark	–	25	2
France <sup>a</sup>	–	<32	–
Netherlands	–	25	5
Non-EU member			
Liechtenstein	- 3 / + 1.5	–	–
Switzerland	± 3	–	–

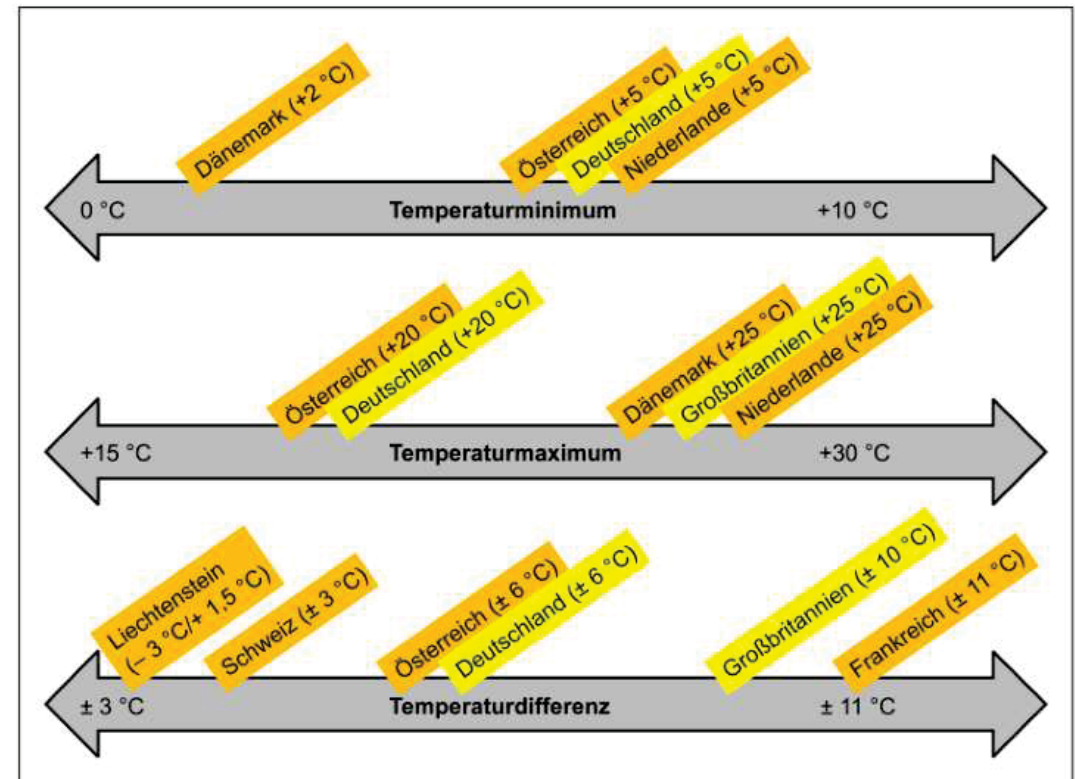
<sup>a</sup> Please note that in France regulations have changed in 2015 and for small installation the reinjected water temperature should be lower than 32 °C, and the thermal impact should be lower than 4 K in 200 m downstream from the installation.

# Rechtliche Situation in Deutschland



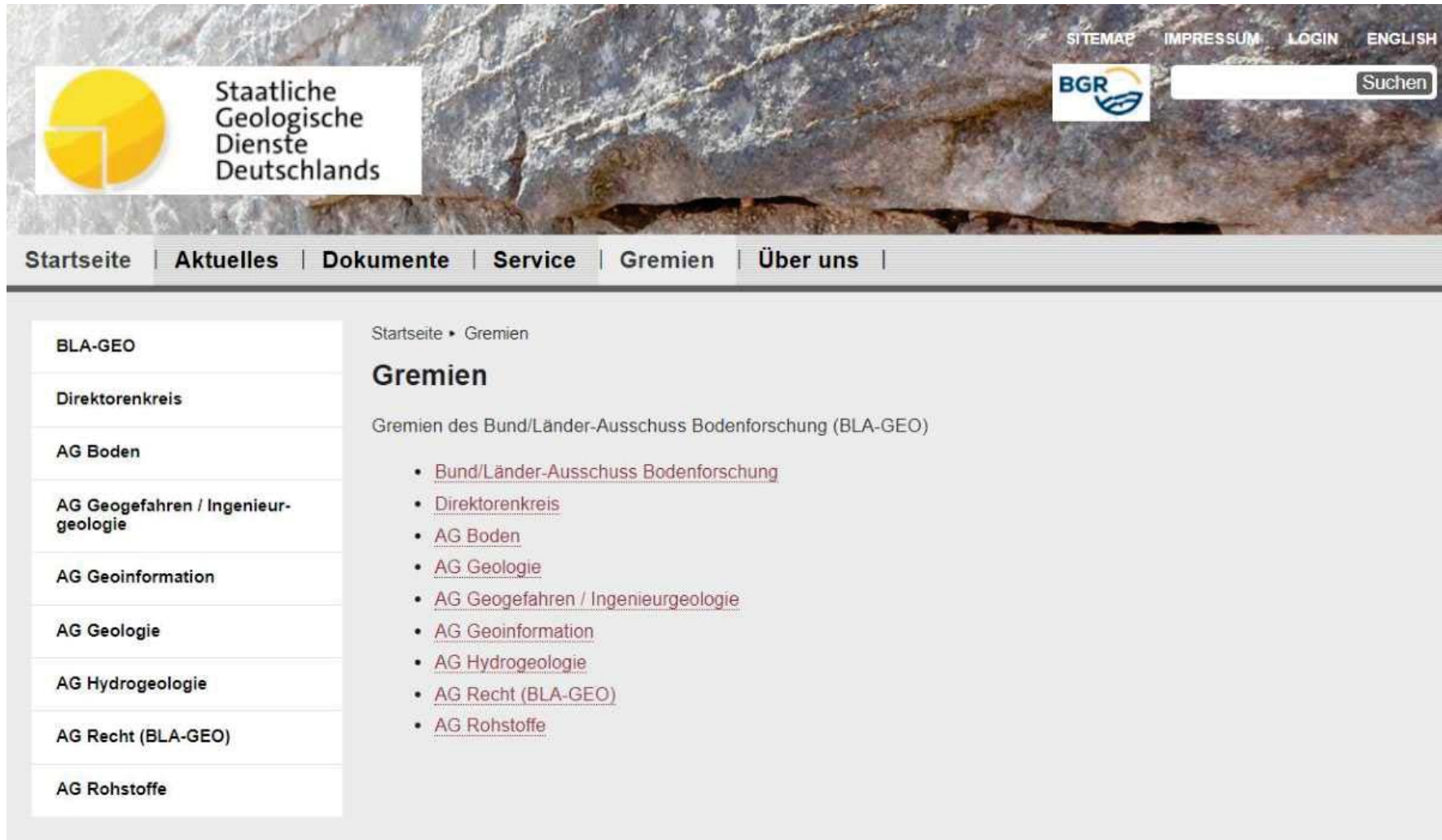
Rechtspyramide

## Absolute und relative Temperaturgrenzwerte für das Grundwasser



- ▶ Aktuell gibt es in Deutschland keine rechtlich bindende Werte! Derzeit sind diese über die VDI 4640 und in länder-spezifische Leitfäden definiert.

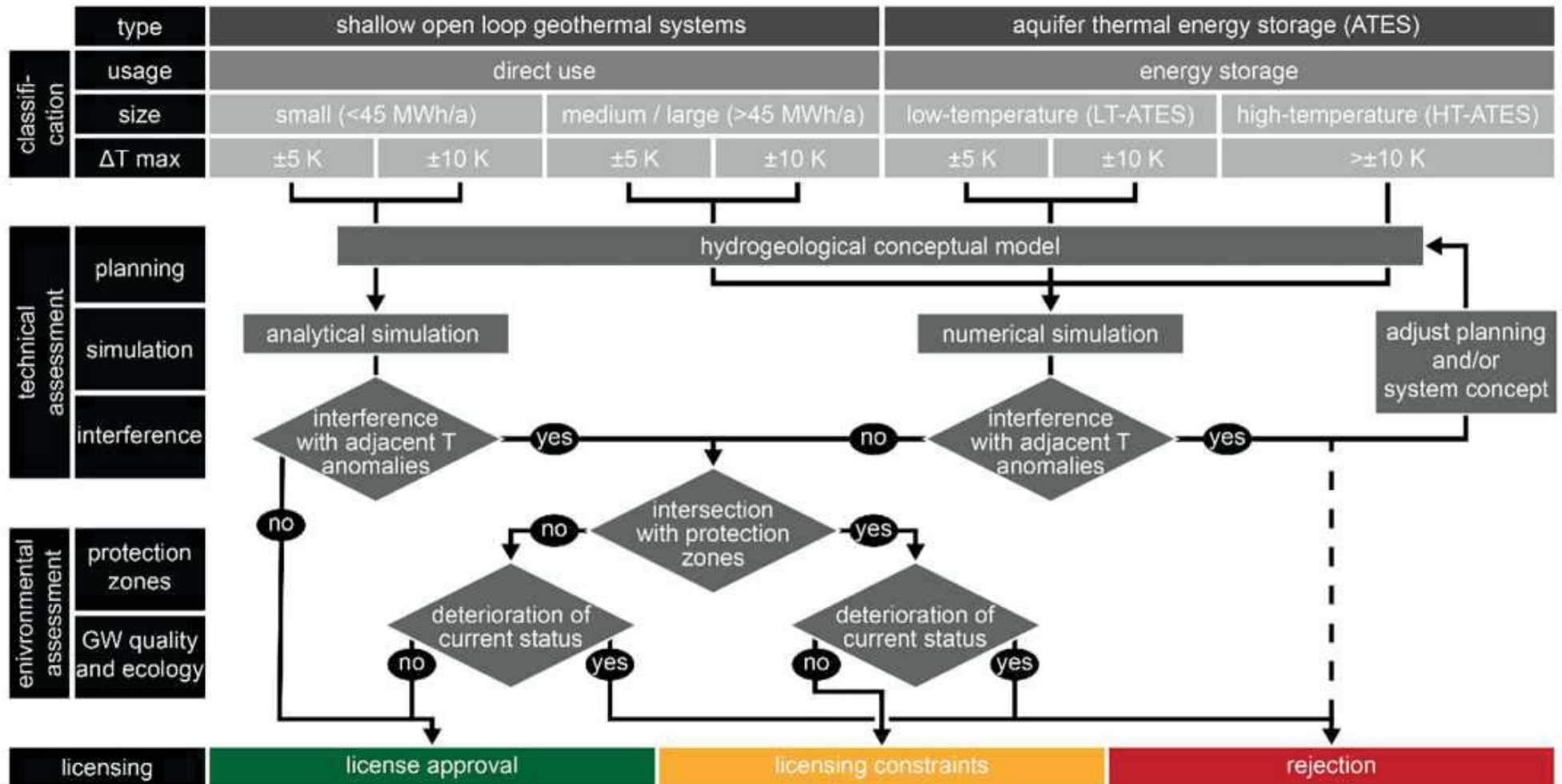
# Handlungsempfehlung



The screenshot shows the website of the State Geological Service of Germany. The header includes the logo of the State Geological Service of Germany, the BGR logo, and navigation links for SITEMAP, IMPRESSUM, LOGIN, and ENGLISH. A search bar is also present. The main navigation menu includes Startseite, Aktuelles, Dokumente, Service, Gremien, and Über uns. The 'Gremien' section is active, displaying a list of committees under the heading 'Gremien des Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO)'. The list includes: Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung, Direktorenkreis, AG Boden, AG Geologie, AG Geofahren / Ingenieurgeologie, AG Geoinformation, AG Hydrogeologie, AG Recht (BLA-GEO), and AG Rohstoffe.

- ▶ Gründung eines Gremiums für Geothermie bei den SGD Deutschlands.
- ▶ Optimal für die oberflächennahe und tiefe Geothermie.

# Rechtliche Handlungsempfehlungen



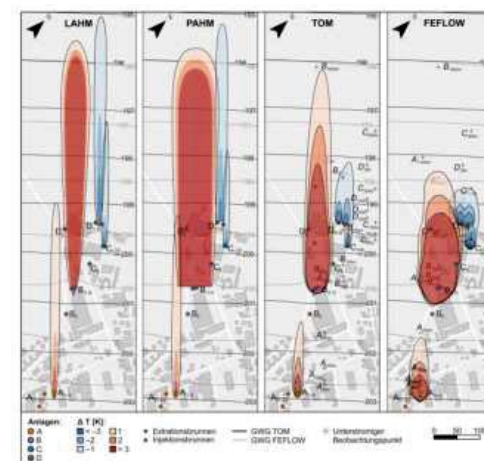
► Für die Umweltbewertung gibt es noch keine einheitliche oder verbindliche Methoden

# Rechtliche Handlungsempfehlungen

**Tab. 1** Übersicht der Anforderungen an die unterschiedlichen Berechnungsmodelle zur Auswirkung von GWWP in Abhängigkeit der Anlagengrößen

**Table 1** Overview of the requirements for the different calculation models for the impact of GW heat pumps depending on the plant sizes

Anlagengröße	Klein	Mittel	Groß
Entzugsarbeit/Förderrate	< 45.000 kWh/a	> 45.000 kWh/a	> 10 l/s
Berechnungsmodell	Analytisches Modell (z. B. LAHM, PAHM)	Prinzipmodell (z. B. TOM)	Planungsmodell (z. B. FEFLOW)
Anforderungen:			
Darstellung des hydrogeologischen Konzeptmodells (HKM)	×	×	×
Plausibilitätskontrolle der Wasser- und Energiebilanzen	–	×	×
Darstellung der gemessenen und simulierten Grundwassergleichen	–	×	×
Visualisierung der Ergebnisse des thermischen Modells	–	×	×
Stationäre Kalibrierung des hydraulischen Modells	–	–	×
Instationäre Kalibrierung des hydraulischen Modells	–	–	×
Kalibrierung des thermischen Modells	–	–	×



# Fazit **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

- ▶ Erhöhte Grundwassertemperaturen können die Grundwasserqualität möglicherweise beeinflussen (→ **Fluch?**).
- ▶ Erhöhte Grundwassertemperaturen können aber auch zur Wärmeversorgung und Energiespeicherung verwendet werden (→ **Segen**).
- ▶ Spannungsfeld: **Grundwasserschutz < Klimaschutz**
- ▶ Nicht nur Grundwasserkühlanlagen tragen zur Erhöhung der Grundwassertemperaturen bei. Jedoch benötigen derzeit nur geothermische Anlagen eine Genehmigung! Was ist mit den anderen Wärmeeinträgern wie Fernwärme, Gebäude, Tiefgaragen, Tunnel, usw.?
- ▶ Aktuell gibt es in Deutschland **keine** rechtlich bindende Werte! Derzeit sind diese über die VDI 4640 und in länder-spezifische Leitfäden definiert.
- ▶ **Temperaturgrenzwerte** sollten **flexibel** ( $\Delta T$ -Ansatz) sein und sich auch an Hintergrundwerte orientieren (urbane Wärmeinsel im Untergrund).
- ▶ In Deutschland sollten wir ein bundesweit **einheitliches und rechtlich bindendes** Vorgehen entwickeln (siehe BBergG und BBodSchG/V).
- ▶ Die **Genehmigungsverfahren** sollten beschleunigt werden und Fristen beinhalten.

Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 2611–2625



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/rser](http://www.elsevier.com/locate/rser)



## International legal status of the use of shallow geothermal energy

Stefanie Haehnlein <sup>a,\*</sup>, Peter Bayer <sup>b</sup>, Philipp Blum <sup>c</sup>

Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie  
DOI 10.1007/s00767-011-0162-0

FACHBEITRAG

## Oberflächennahe Geothermie – aktuelle rechtliche Situation in Deutschland

Stefanie Hähnlein · Philipp Blum · Peter Bayer

Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2011) 16:77–91  
DOI 10.1007/s00767-011-0166-9

FACHBEITRAG

## Oberflächennahe Geothermie und ihre potenziellen Auswirkungen auf Grundwasserökosysteme

Heike Brielmann · Tillmann Lueders · Kathrin Schreglmann · Francesco Ferraro · Maria Avramov · Verena Hammerl · Philipp Blum · Peter Bayer · Christian Griebler

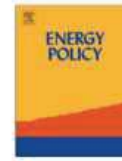
Energy Policy 59 (2013) 914–925



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

## Energy Policy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)



### Sustainability and policy for the thermal use of shallow geothermal energy

Stefanie Hähnlein<sup>a,\*</sup>, Peter Bayer<sup>b</sup>, Grant Ferguson<sup>c</sup>, Philipp Blum<sup>d</sup>



Journal of Contaminant Hydrology 239 (2021) 103791



Contents lists available at ScienceDirect

## Journal of Contaminant Hydrology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jconhyd](http://www.elsevier.com/locate/jconhyd)



### Is thermal use of groundwater a pollution?

Philipp Blum<sup>a,\*</sup>, Kathrin Menberg<sup>a</sup>, Fabien Koch<sup>a</sup>, Susanne A. Benz<sup>b</sup>, Carolin Tissen<sup>a</sup>, Hannes Hemmerle<sup>c</sup>, Peter Bayer<sup>c</sup>




Grundwasser - Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie  
<https://doi.org/10.1007/s00767-022-00509-2>

FACHBEITRAG



### Berechnung von Temperaturfahnen im Grundwasser mit analytischen und numerischen Modellen

Marc Ohmer<sup>1</sup>  · Artur Klester<sup>1</sup> · Alexander Kissinger<sup>2</sup> · Stefan Mirbach<sup>2</sup> · Holger Class<sup>3</sup> · Martin Schneider<sup>3</sup> · Martin Lindenlaub<sup>4</sup> · Michael Bauer<sup>5</sup> · Tanja Liesch<sup>1</sup> · Kathrin Menberg<sup>1</sup> · Philipp Blum<sup>1</sup>