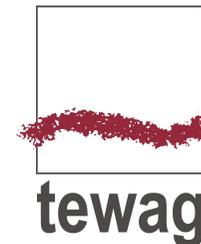


7. Norddeutsche Geothermietagung 2014  
- 15. und 16. Oktober 2014, GEOZENTRUM Hannover -

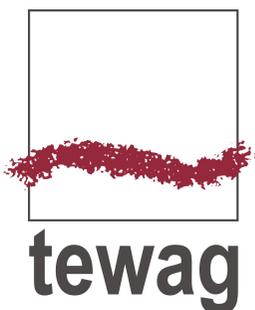
---



# Volumen statt Tiefe

## - Funktion, Anwendungsgebiete und Potential von Speichersonden -

Markus Kübert, David Kuntz  
& Simone Walker-Hertkorn



tewag Technologie – Erdwärmeanlagen – Umweltschutz GmbH  
Niederlassung Starzach  
Am Haag 12  
72181 Starzach-Felldorf  
[www.tewag.de](http://www.tewag.de)

---

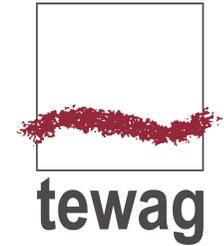




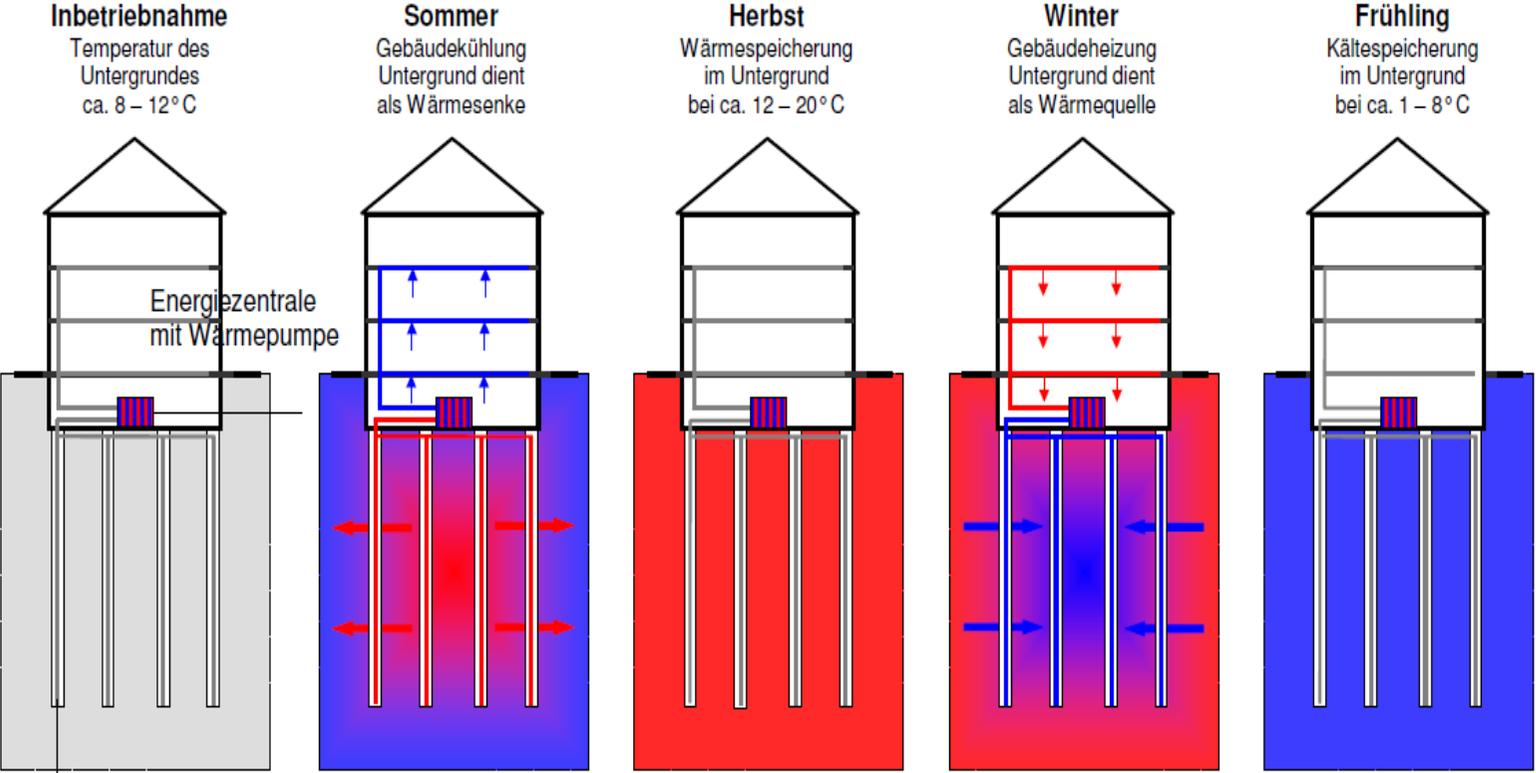
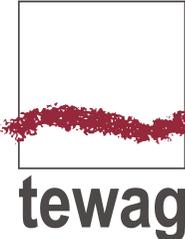
# Inhalte

---

1. Einführung – Motivation für die Neuentwicklung von Sondensystemen
2. Grundlagen & Funktionsweise von Speichersonden
3. Simulation und Potential von Speichersonden
4. Praxisbeispiel
5. Anwendungsgebiete von Speichersonden

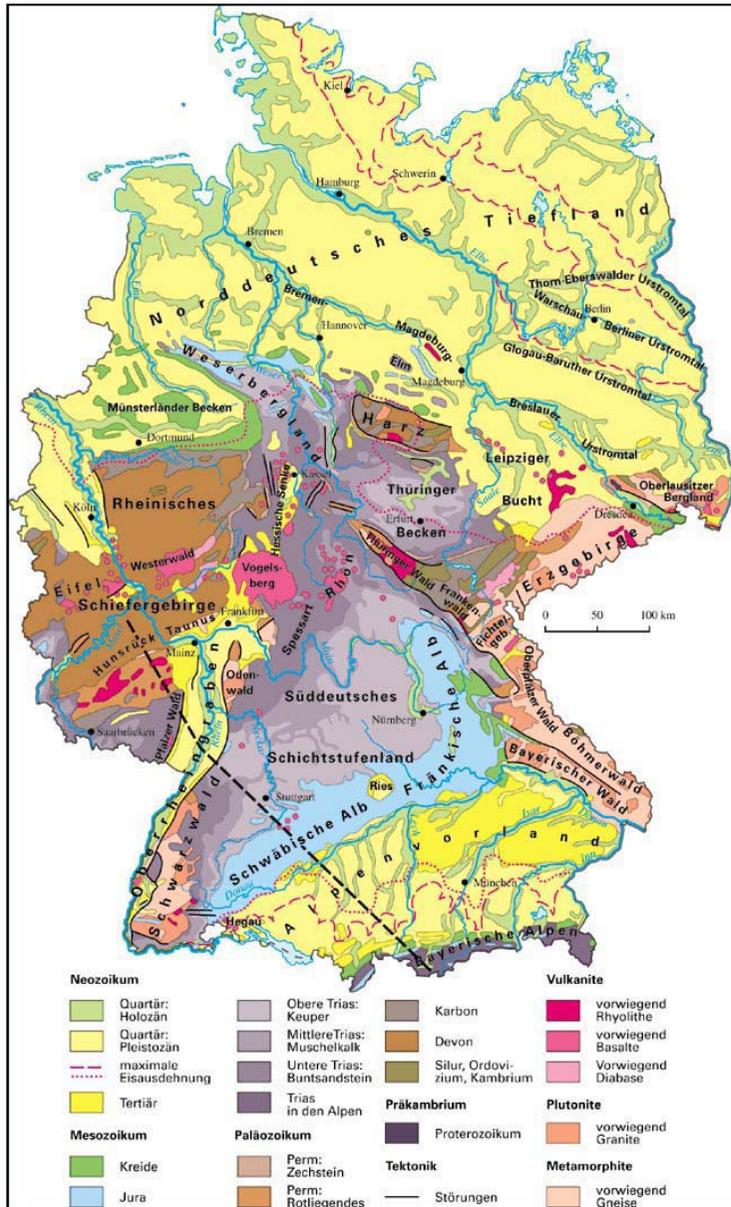
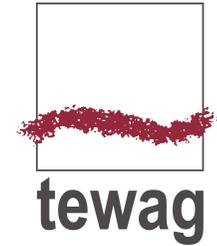


# Einführung



Quelle: Zent-Frenger GmbH

# Motivation



## Bohrtiefenbegrenzungen:

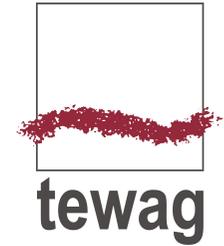
- geologischen Gegebenheiten
- hydrogeologischen Gegebenheiten
- Grundwasserschutz
- ...

## Regionen (Beispiele):

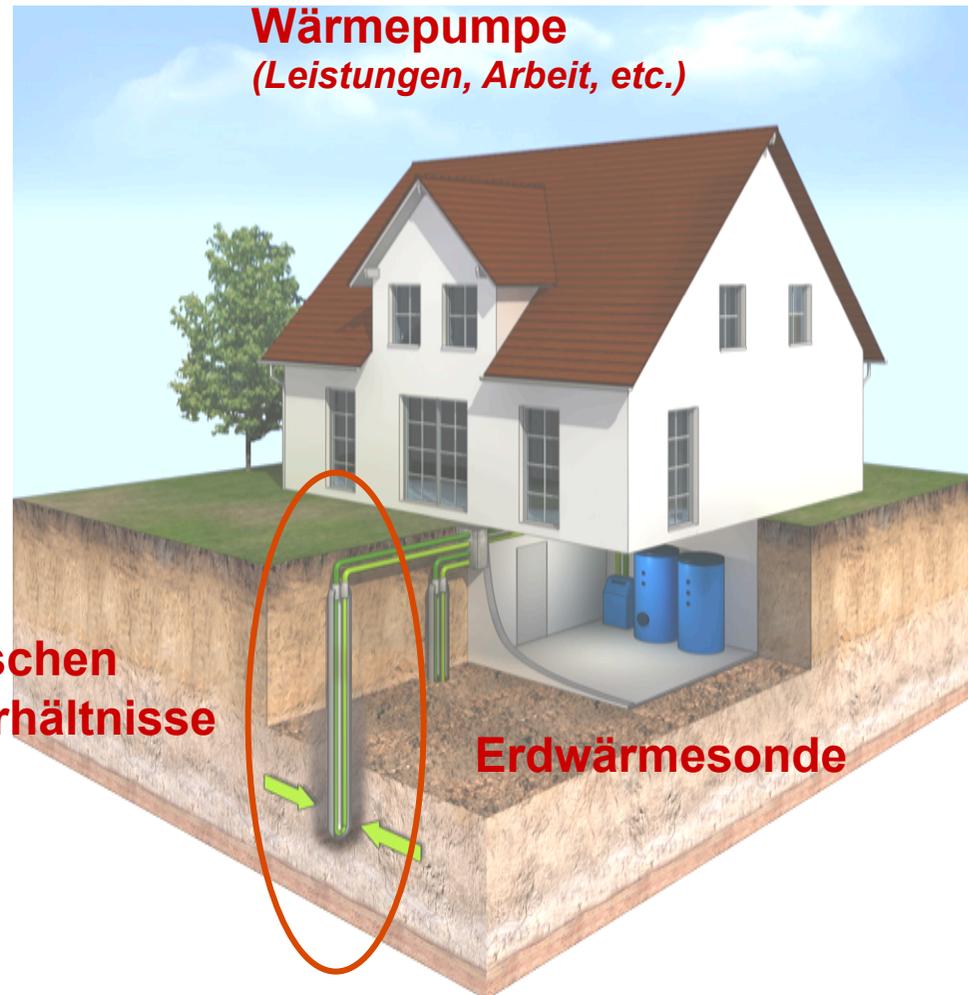
- Rhein-Neckar-Region
- Rheinland (Köln/Bonn)
- Bayern
- ...

# Lösungen ... ?

... Reduzierung der Gesamtbohrmeterzahl!



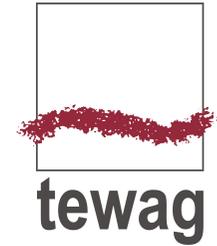
**Gebäudeanforderungen,  
Wärmepumpe  
(Leistungen, Arbeit, etc.)**



**Geothermischen  
Standortverhältnisse**

**Erdwärmesonde**

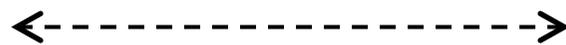
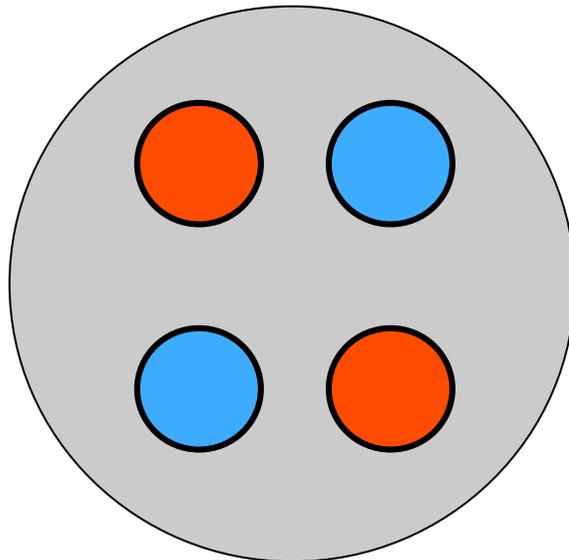
# Optimierung von Sondensystemen



Wie kann eine Erdwärmesonde weiter optimiert werden?

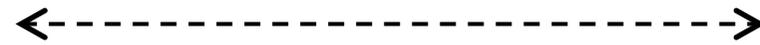
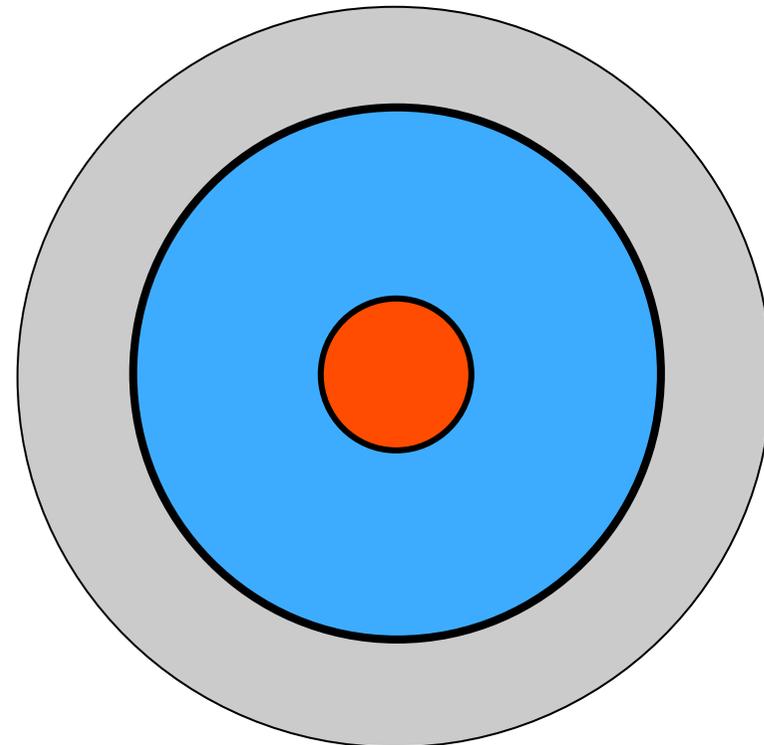
→ Vergrößerung des **Volumens** der Erdwärmesonde

**Doppel-U-Sonde**



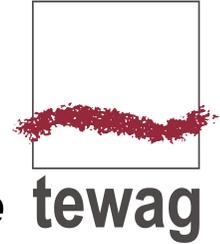
$d_{bh} = 130 \text{ bis } 150 \text{ mm}$

**Speichersonde**



$d_{bh} \approx 200 \text{ mm}$

# Eigenschaften von Speichersonden



## *Doppel-U-Sonde*

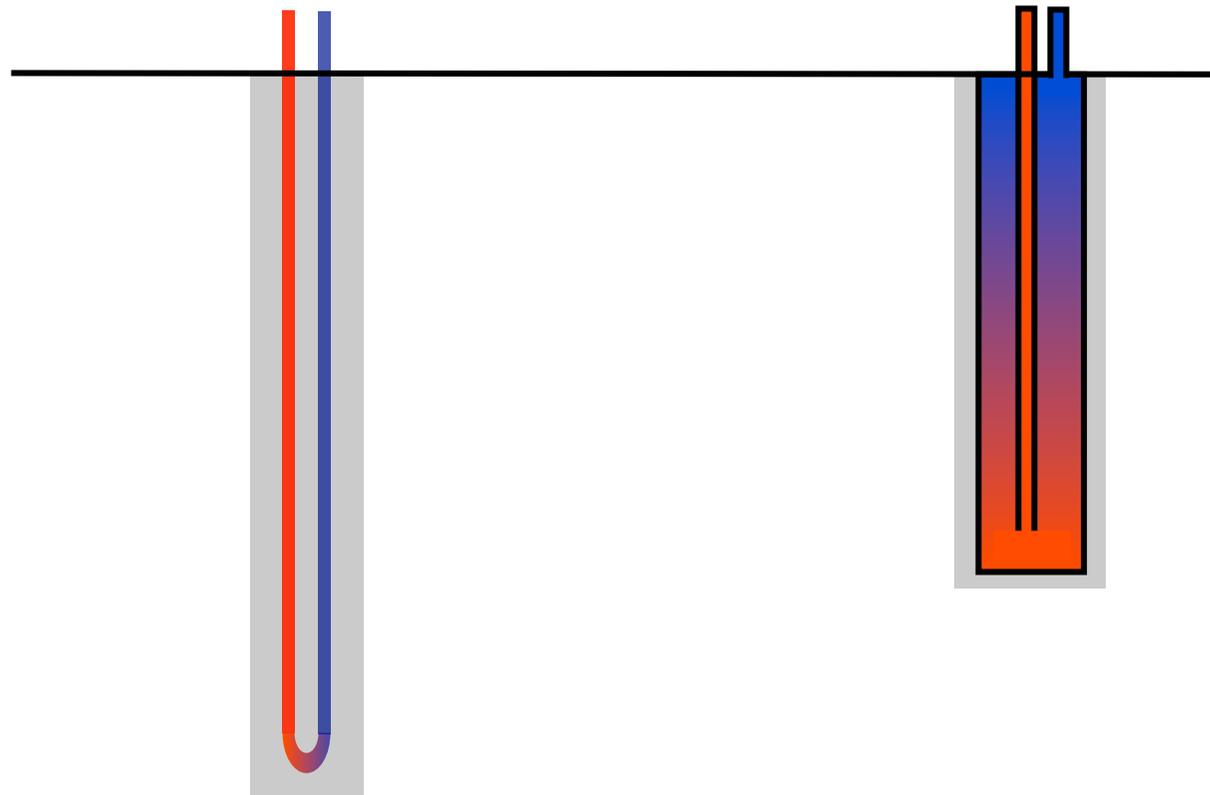
$$V_{EWS} = 2,14 \text{ Liter pro m}$$

$$R_{b,tot} = 0,08 \text{ bis } 0,12 \text{ (m K)/W}$$

## *(koaxiale) Speichersonde tewag*

$$V_{EWS} = 12 \text{ bis } 14 \text{ Liter pro m}$$

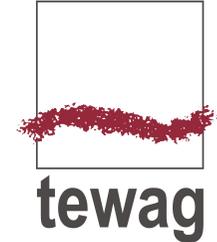
$$R_{b,tot} = 0,06 \text{ bis } 0,08 \text{ (m K)/W}$$





## Besonderheiten von Speichersonden

---



### + Hohes Wärmeträgervolumen im Vergleich zu konventionellen SONDENSYSTEMEN

- ⇒ Wärmepumpenbetrieb und Wärmeentzug aus dem Untergrund werden entkoppelt
- ⇒ Wärmeentzug (Leistung) aus dem Untergrund wird „abgepuffert“

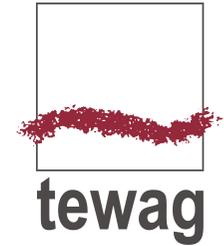
### + Geringerer Bohrlochwiderstand aufgrund des Aufbaus als Koaxialsonde

- ⇒ Geringerer Temperaturverlust beim Wärmeübergang vom Untergrund zum Wärmeträgermedium in der Sonde

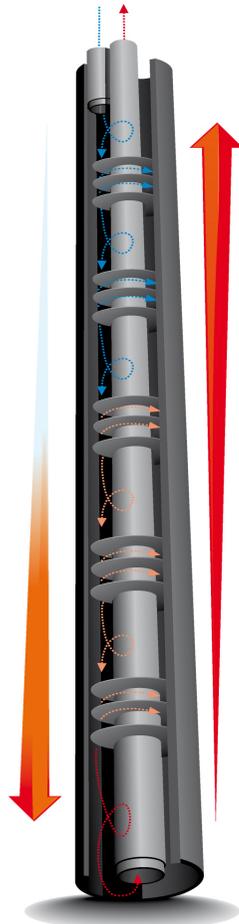
➤ *Im Vergleich zu konventionellen Sondenanlagen ist somit eine optimierte Auslegung und somit Verringerung der notwendigen Gesamtbohrmeterzahl möglich.*

---

# Am Markt verfügbare Speichersonden

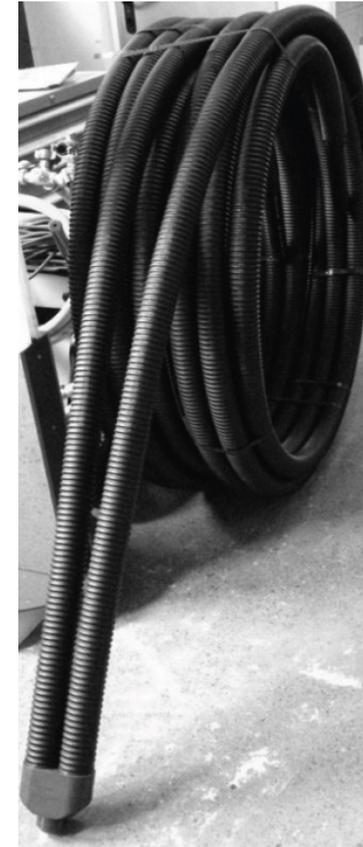


## Geokoax-Sonden mit zusätzlichen Verwirblern



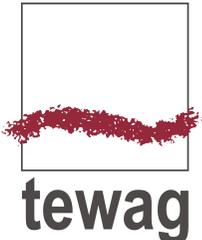
*Außenrohr: DA140  
Innenrohr: DA40  
13 Liter pro m Sondenrohr*

## Single- & Doppel-U- Wellrohrsonden



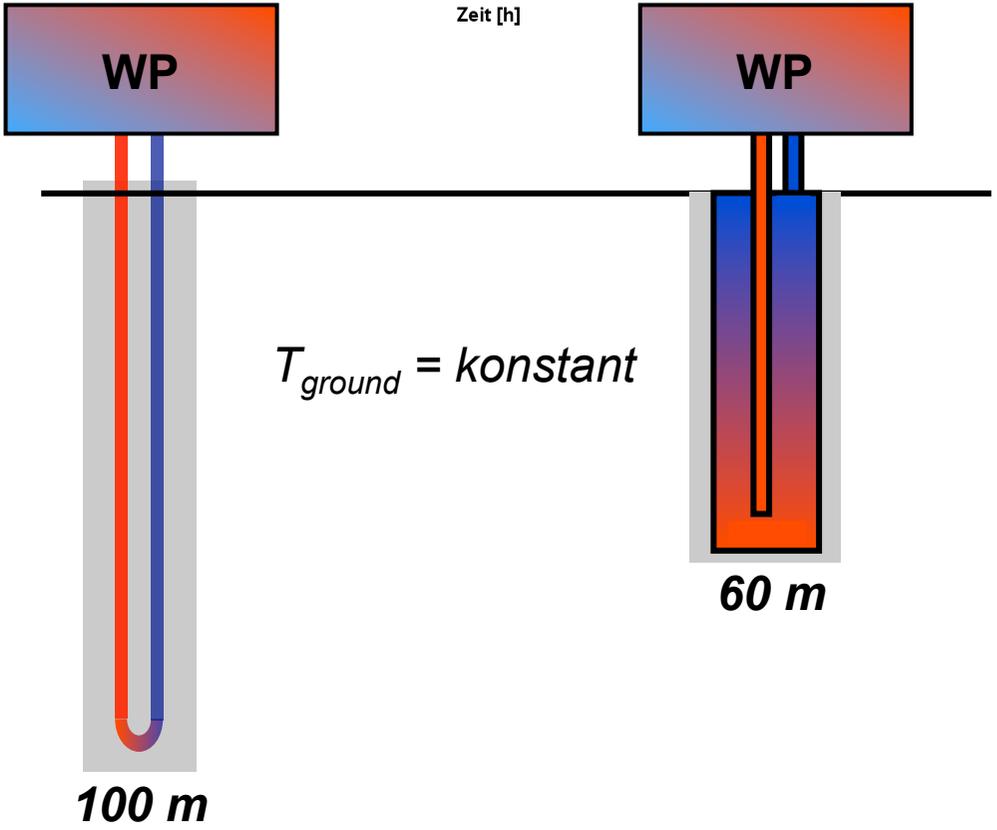
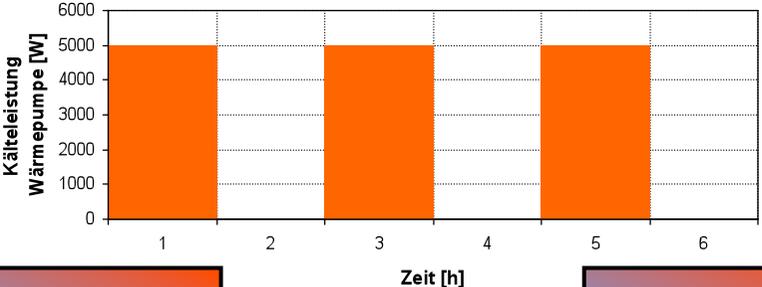
*Außendurchmesser: DA63  
9 Liter pro m Doppel-U-Sonde*

# Funktionsweise von Speichersonden

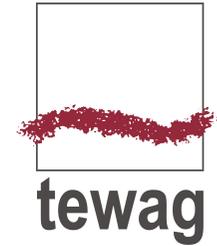


Doppel-U-Sonde

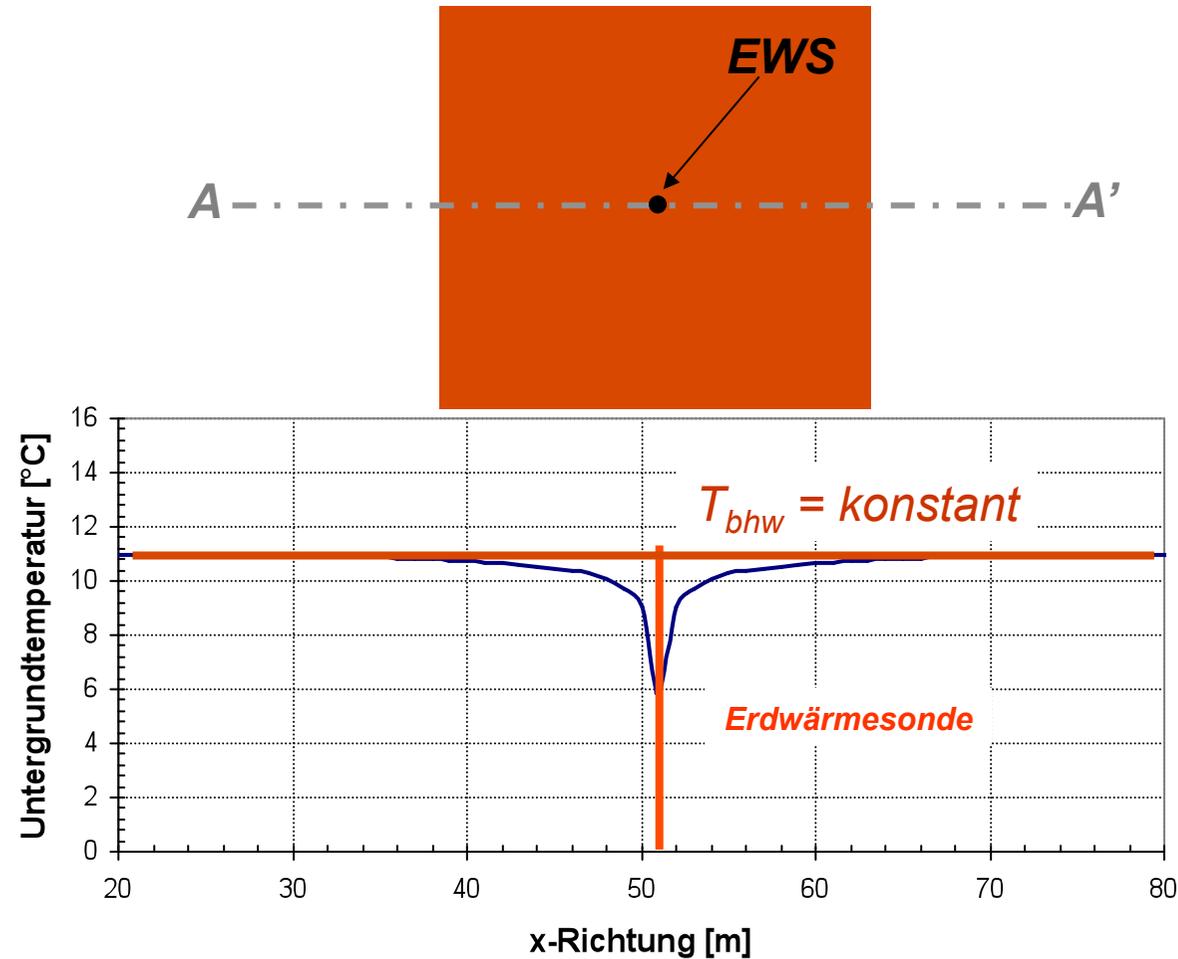
Speichersonde



# Funktionsweise von Speichersonden

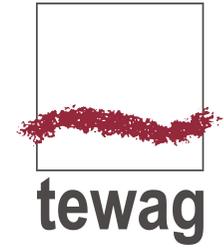


## Theoretische Betrachtungen

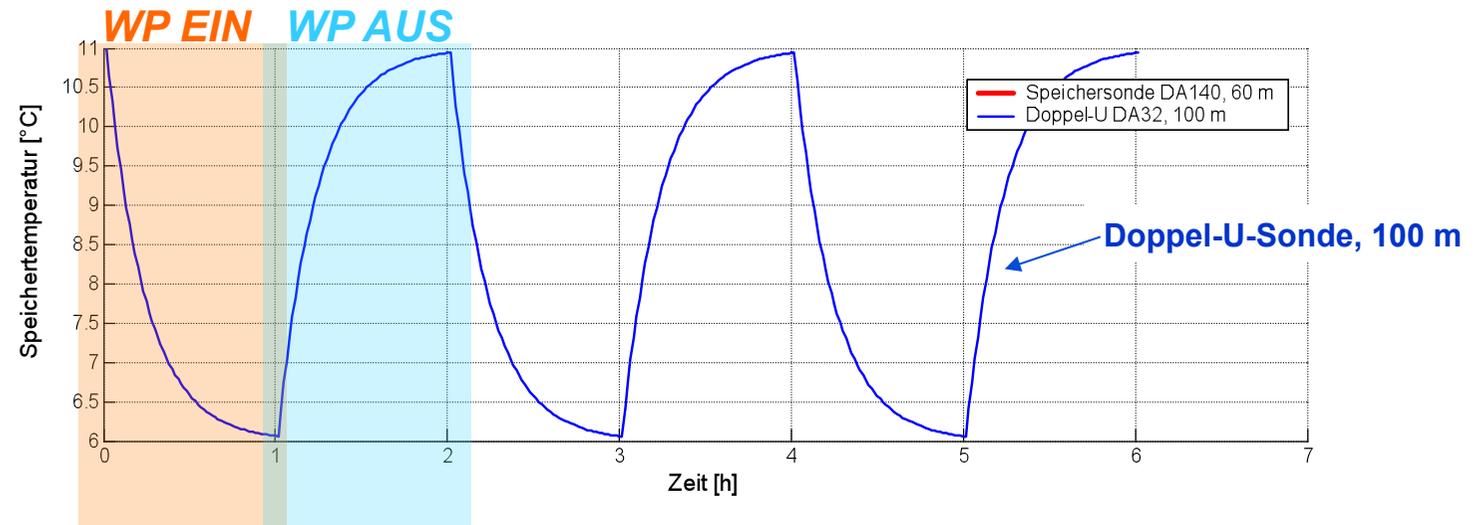


- Auskühlung des Untergrundes wird nicht berücksichtigt!

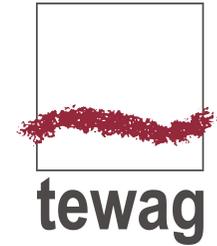
# Funktionsweise von Speichersonden



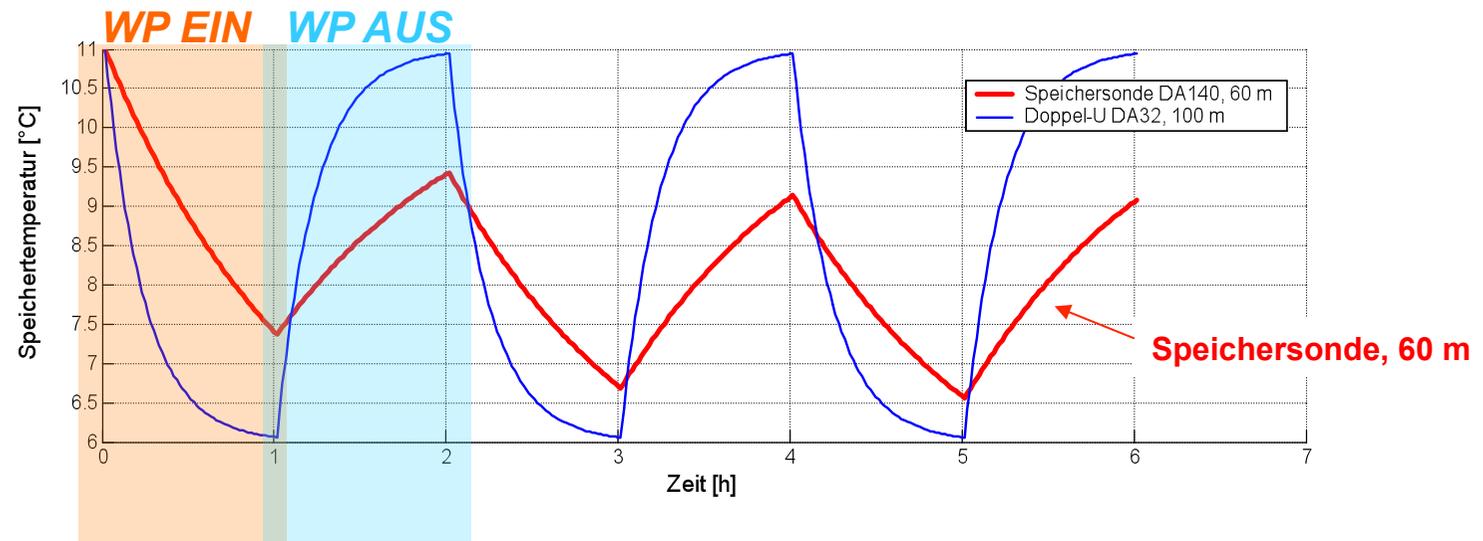
## Theoretische Betrachtungen (vereinfachte Bilanzierung)



# Funktionsweise von Speichersonden



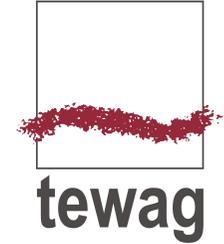
## Theoretische Betrachtungen (vereinfachte Bilanzierung)





# Funktionsweise von Speichersonden

---

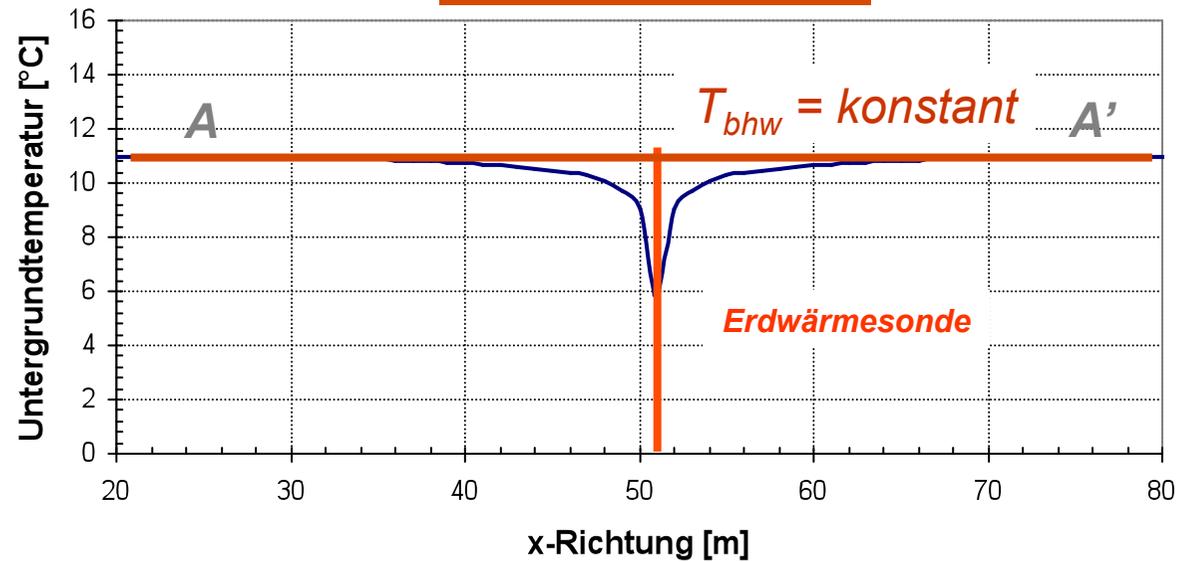
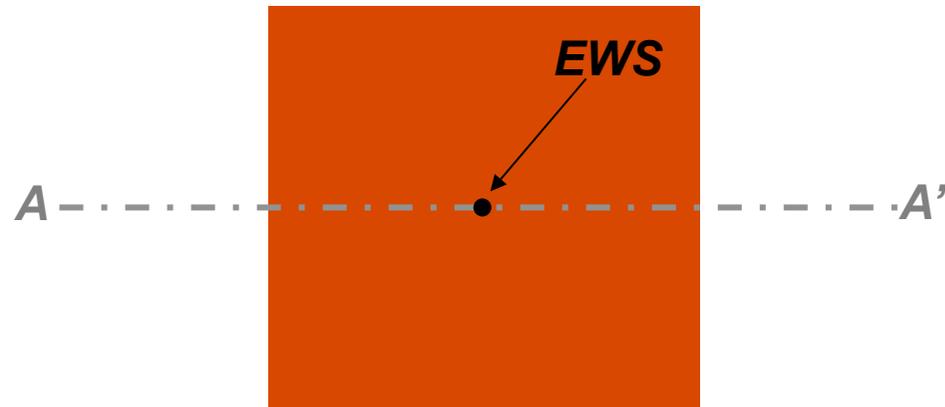
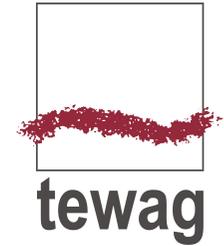


## Erkenntnisse aus den theoretischen Betrachtungen:

- Bei einer **Doppel-U-Sonde** erfolgt der Wärmeentzug bei üblichen Wärmepumpenlaufzeiten direkt aus dem Untergrund.
  - Bei einer **Speichersonde** wird bei üblichen Wärmepumpenlaufzeiten zunächst die in der Sonde gespeicherte Wärme verbraucht.
  - Die **Kälteleistung** der Wärmepumpe wird **vom Untergrund abgekoppelt**. Der Untergrund wird nicht mit der vollen Kälteleistung der Wärmepumpe belastet.
  - Die **Regeneration der Speichersonde** erfolgt auch während der Stillstandszeiten der Wärmepumpe. Auch in dieser Zeit findet ein nicht unerheblicher Wärmeentzug statt. Dem Untergrund wird weitgehend “konstant” Wärme mit geringen Entzugsleistungen entzogen.
-

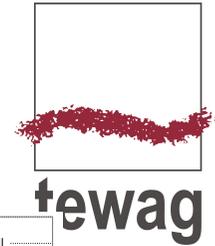
# Simulationsmodell

## Umfassende Modellierung



➤ Auskühlung des Untergrundes wird berücksichtigt!

# Simulation von konventionellen Sondensystemen



## Gebäudeanforderungen

*(Leistungen, Energiemengen, ...)*

## Untergrundeigenschaften

*(Wärmeleitfähigkeit, etc.)*

## Sondenfeldkonfiguration

*(Anordnung, Abstand, Ausbau, etc.)*

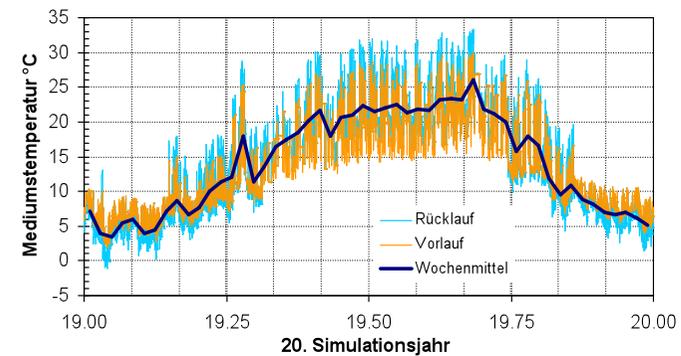
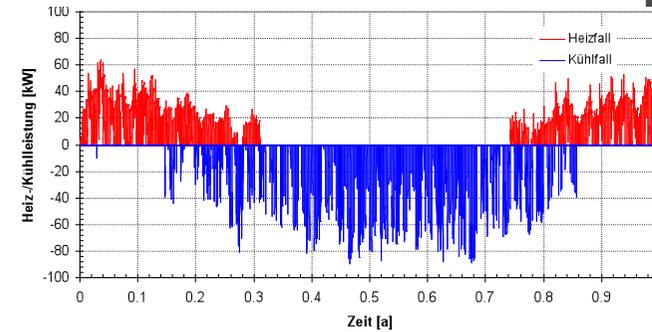
## Simulationsmodell

## Erdwärmetauscher

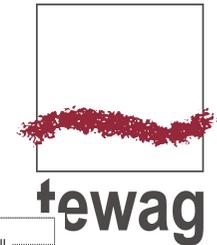
*(SBM, Superposition Borehole Model)*

## Sondenfeldkonfiguration

*Einhaltung der Vorgaben VDI 4640, Blatt 2*



# Simulationsmodell Speichersonde

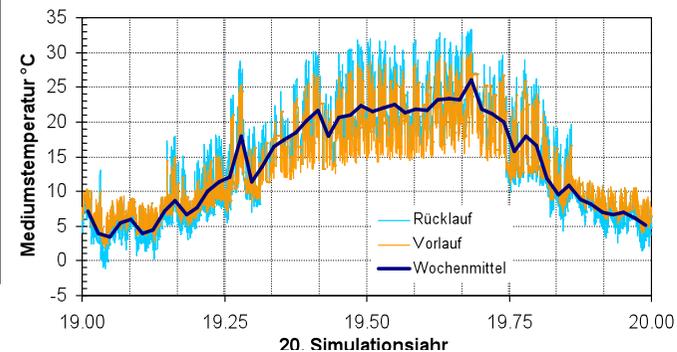
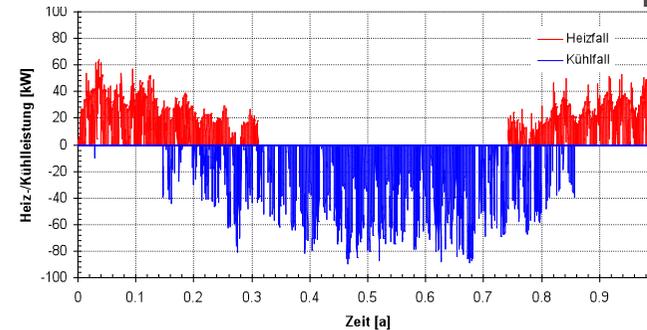


**Gebäudeanforderungen**  
(Leistungen, Energiemengen, ...)  
**Untergrundeigenschaften**  
(Wärmeleitfähigkeit, etc.)  
**Sondenfeldkonfiguration**  
(Anordnung, Abstand, Ausbau, etc.)

**Speichersondenmodul**  
( $\lambda_{\text{ground}}$ , stündliche Lastprofile, ...)

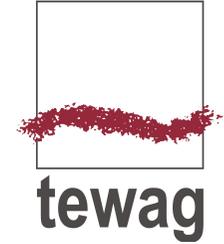
**Simulationsmodell Erdwärmetauscher**  
(SBM, Superposition Borehole Model)

**Sondenfeldkonfiguration**  
Einhaltung der Vorgaben VDI 4640, Blatt 2

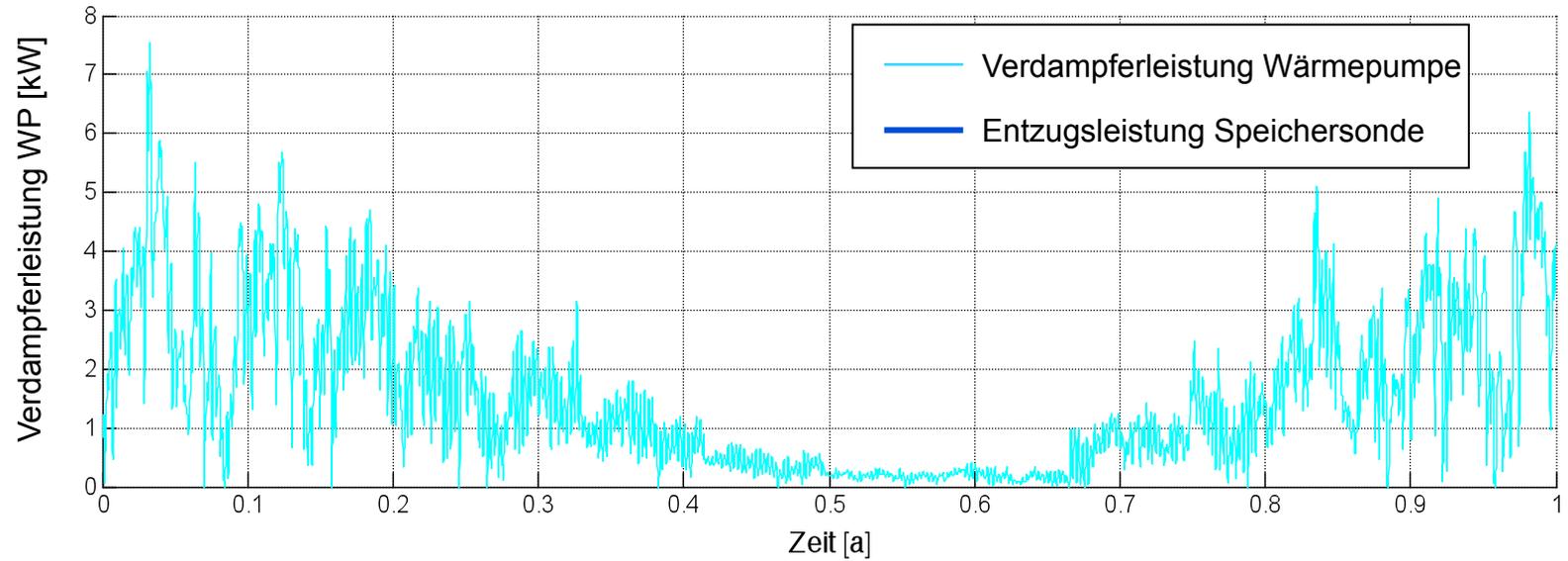


⇒ **Die Simulation einer Speichersonde muss auf Basis eines stundenweisen Lastprofils des Gebäudes erfolgen!**

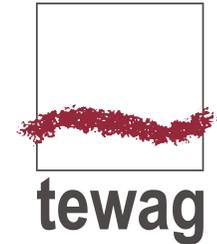
# Simulationsmodell



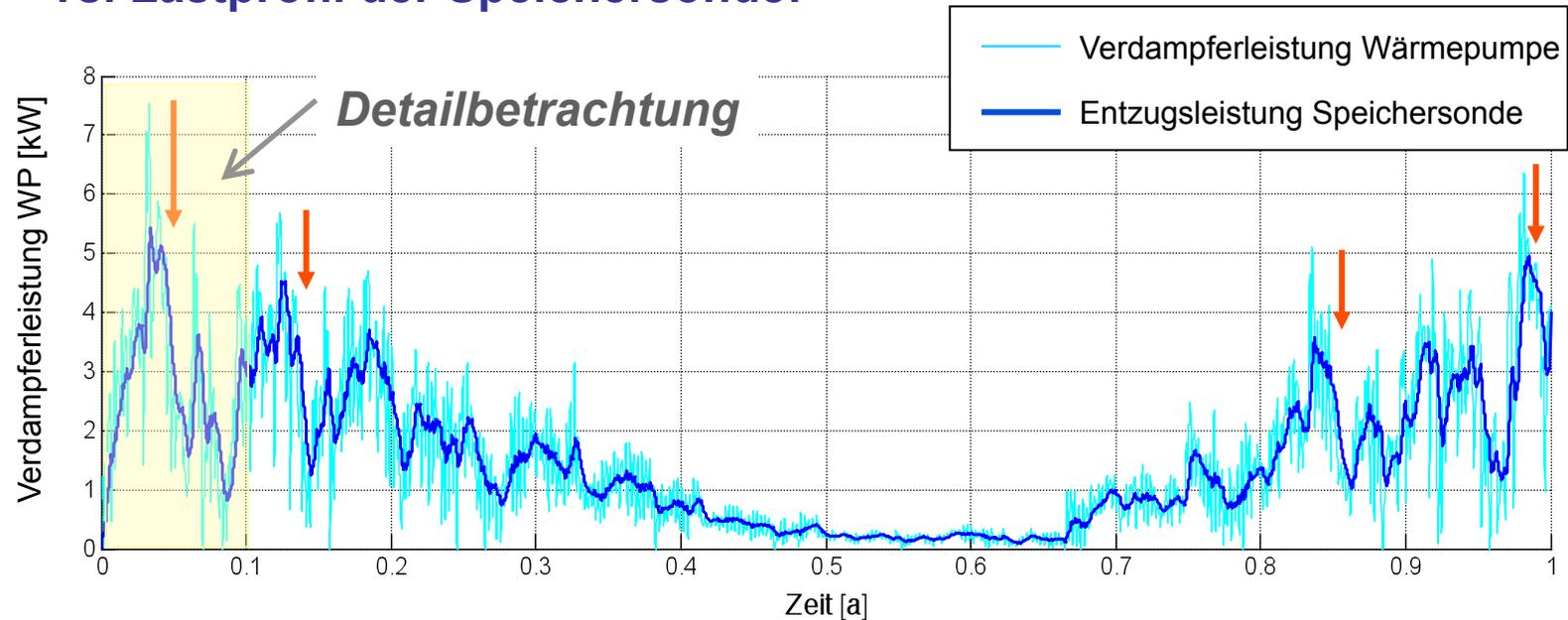
Primärseitiges (erdseitiges) Lastprofil des Gebäudes:



# Simulationsmodell

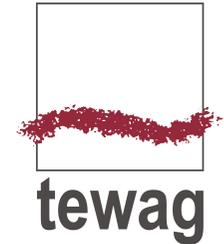


(erdseitiges) Lastprofil des Gebäudes  
vs. Lastprofil der Speichersonde:

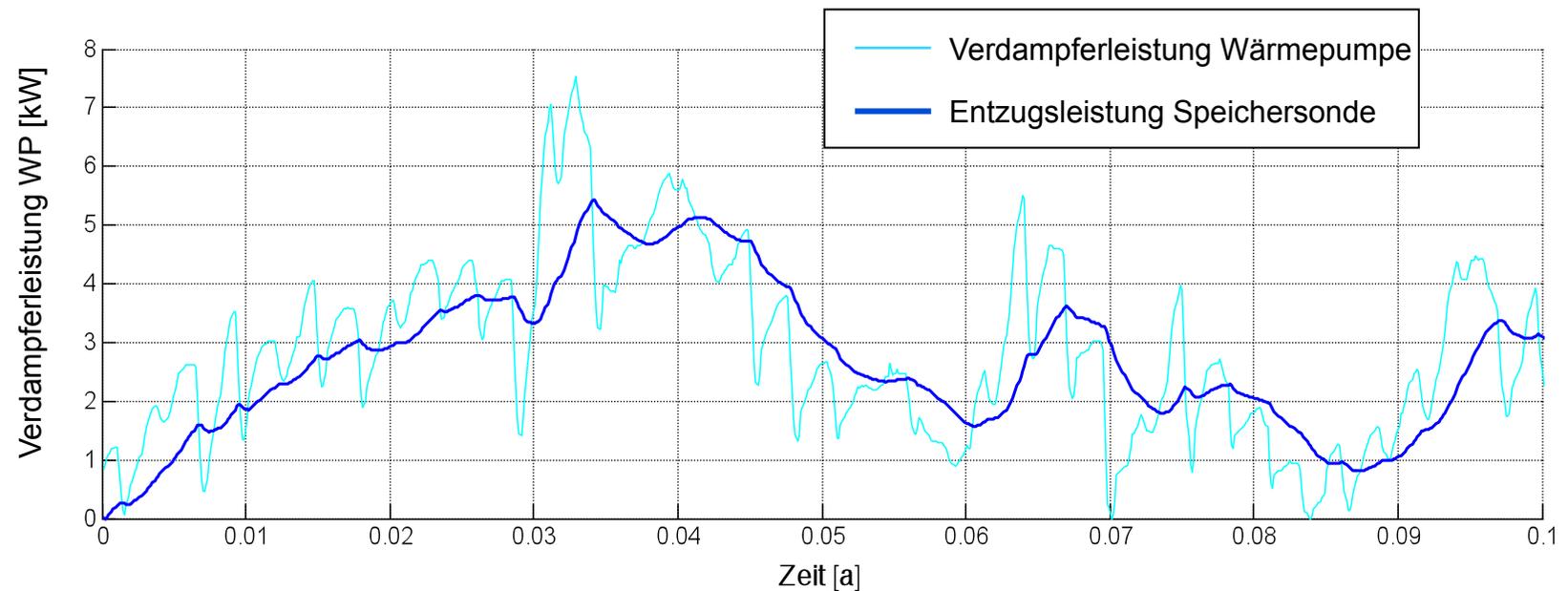


- Lastspitzen des Gebäudes werden über die Speichersonde “abgepuffert”

# Simulationsmodell

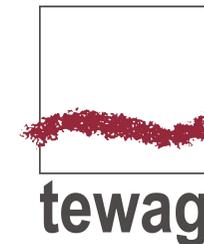


(erdseitiges) Lastprofil des Gebäudes  
vs. Lastprofil der Speichersonde:



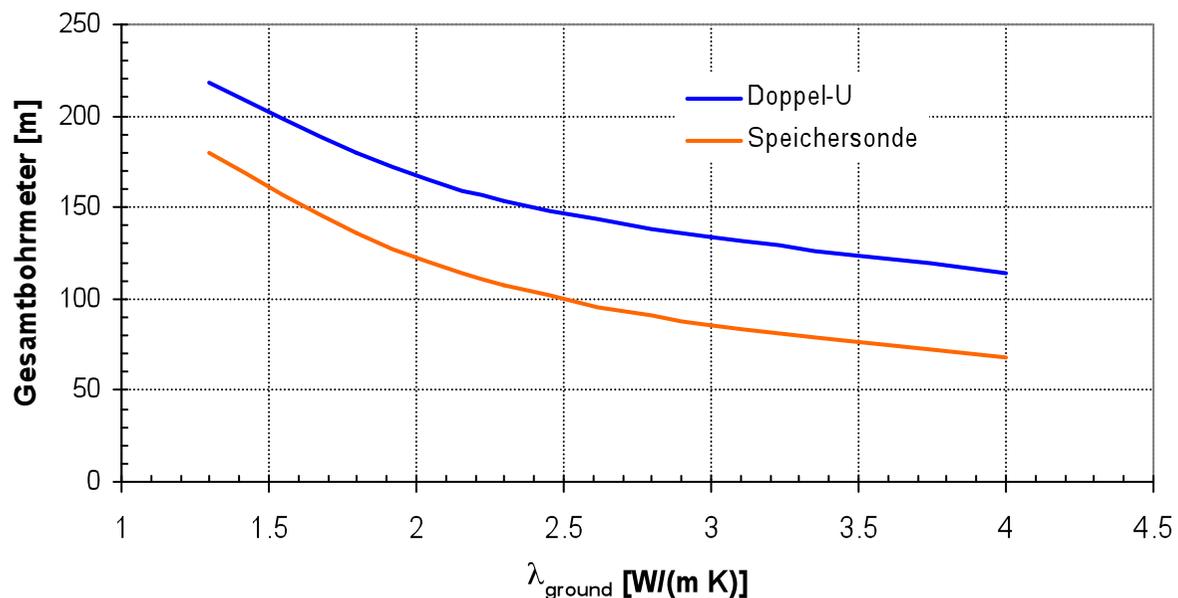
- Lastspitzen des Gebäudes werden über die Speichersonde “abgepuffert”
- konstanteres Lastprofil durch die Speichersonde  
⇒ konstantere Belastung des Untergrundes mit geringeren Entzugsleistungen

# Potential von Speichersonden



## Fallbeispiel Einfamilienhaus

(Heizleistung: 10 kW, Laufzeit WP: 1.800 h/a)



$\lambda_{\text{ground}}$ [W/(m K)]	Einsparung Speichersonde vs. Doppel-U
-------------------------------------	---------------------------------------

1,8	24%
-----	-----

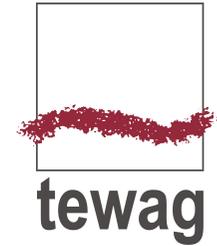
2,3	30%
-----	-----

4	40%
---	-----

(Temperaturvorgaben: Grundlast 0 °C, Spitzenlast -5 °C)

# Projektbeispiel

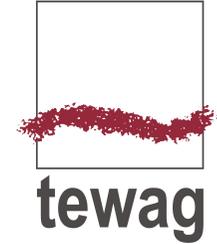
## LVR Kliniken Düren



Heizleistung Wärmepumpe: **240 kW**  
Jahresheizarbeit Wärmepumpe: **220 MWh/a**  
Monovalenter Betrieb  
Passive Kühlleistung: **153 kW**  
Jahreskühlarbeit Geothermie: **55 MWh/a**



# Projektbeispiel – LVR Kliniken Düren



## Bewertung der Gebäudeanforderungen

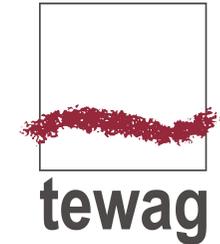
Heizleistung Wärmepumpe: **240 kW**  
Jahresheizarbeit Wärmepumpe: **220 MWh/a**  
Monovalenter Betrieb  
Passive Kühlleistung: **153 kW**  
Jahreskühlarbeit Geothermie: **55 MWh/a**

**Laufzeit: ~ 920 h/a**

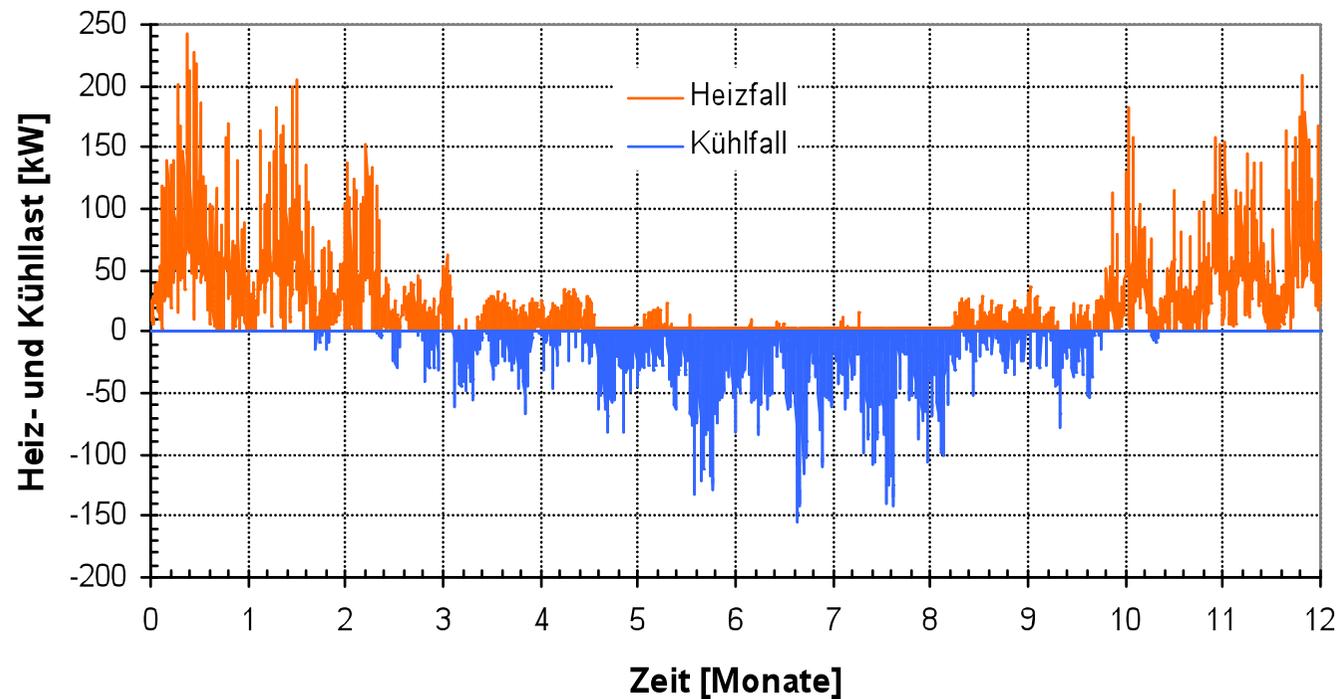
**Laufzeit: ~ 360 h/a**

- ✓ geringe Vollbenutzungsstunden im Heiz- und Kühlfall
  - ✓ monovalenter Betrieb der Wärmepumpenanlage
- ⇒ **spitzenlastiger Betrieb der erdgekoppelten Wärmepumpenanlage**

# Projektbeispiel – LVR Kliniken Düren

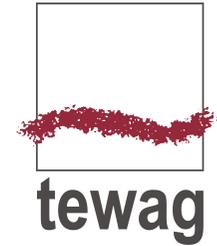


stundenweises Heiz- und Kühllastprofil aus einer dynamischen Gebäudesimulation

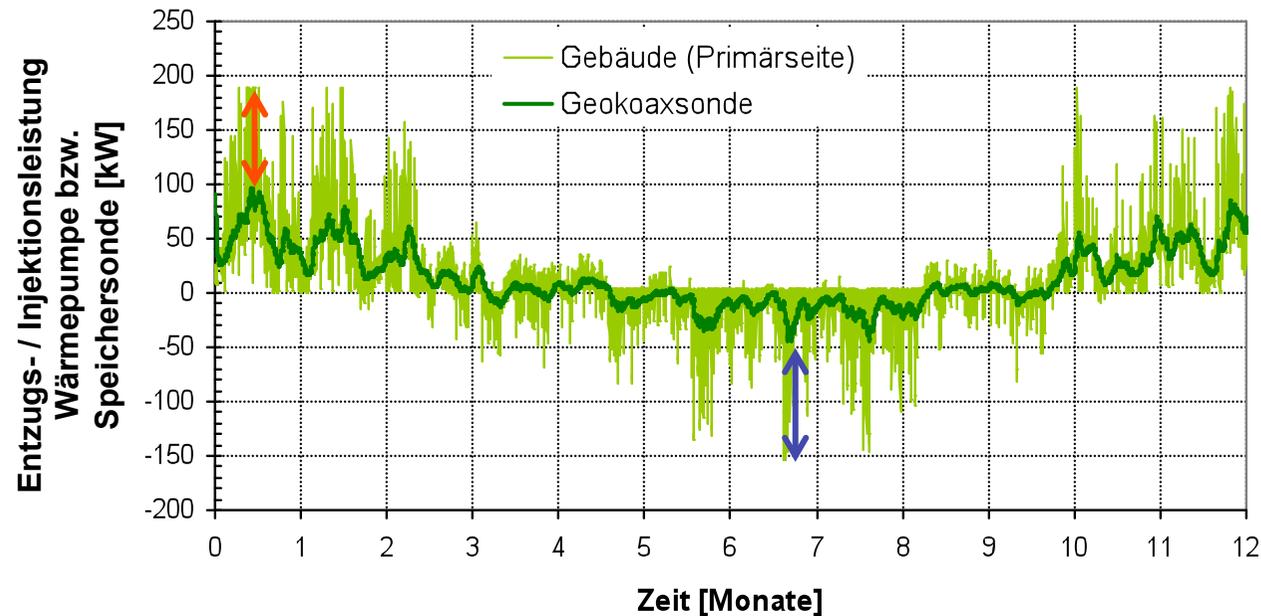


⇒ **spitzenlastiger Betrieb der erdgekoppelten Wärmepumpenanlage**

# Projektbeispiel – LVR Kliniken Düren

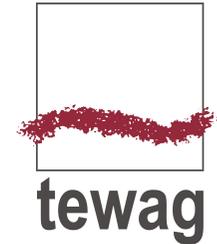


(erdseitiges) Lastprofil des Gebäudes  
vs. Lastprofil der Speichersonde (Simulationsergebnis):

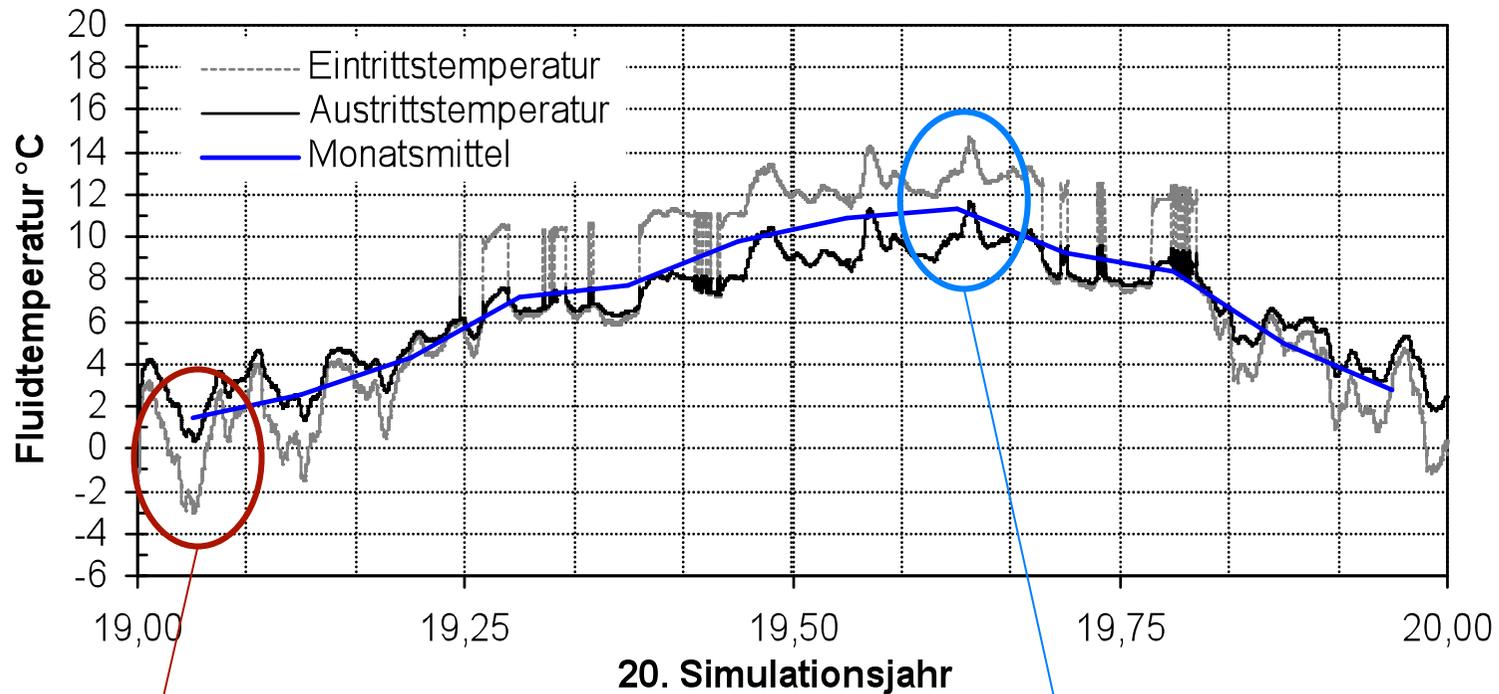


- Lastspitzen des Gebäudes werden über die Speichersonde “abgepuffert”:
  - im Heizfall um ca. 80 kW
  - im Kühlfall um ca. 100 kW (*Vorteil für die passive Kühlung*)

# Projektbeispiel – LVR Kliniken Düren



simulierter stündlicher Verlauf der Ein- und Austrittstemperaturen des Wärmeträgermediums:

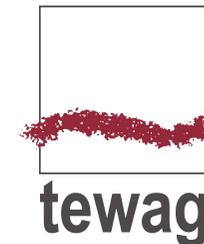


minimale Ein- und Austritts-  
temperatur im Heizfall:  
**-3 °C / 0 °C**

maximale Ein- und Austritts-  
temperatur im Kühlfall:  
**15 °C / 12 °C**

⇒ **passive Kühlung** ist auch bei  
Spitzenlastanforderungen möglich

# Projektbeispiel – LVR Kliniken Düren



## Zusammenfassung:



### Thermal Response Test:

- $\lambda_{\text{eff}} = 2,2 \text{ W/(m K)}$
- $T_{\text{ground}} = 12,3 \text{ °C}$
- $L_{\text{bh}} = 53 \text{ m}$

### Erdwärmesondenfeld Speichersonde:

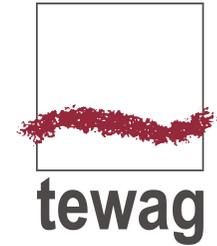
- 78 Bohrungen à 31 m
- 2.418 Gesamtbohrmeter

### Erdwärmesondenfeld Doppel-U-Sonde:

- 4.100 Gesamtbohrmeter

⇒ **Einsparung von ca. 1.700 m  
oder 40%**

# Anwendungsgebiete Speichersonden



## *Eigenschaften*

## *Anforderung für Anwendung der Speichersonde*

Geothermische  
Standorteigenschaften

*mittlere bis hohe effektive Wärmeleitfähigkeiten*

Bohrtiefenbegrenzung

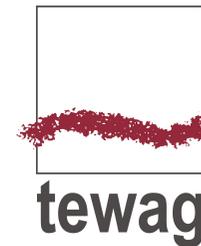
*geringe Bohrtiefen*

Laufzeit Wärmepumpe

*geringe bis mäßige Laufzeiten der Wärmepumpe  
( $< 1.800$  h/a)*

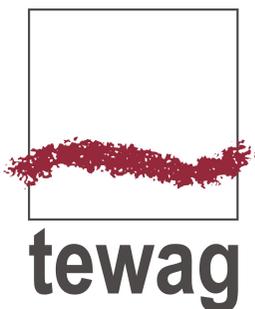
⇒ *Mit Speichersonden können Projekte realisiert werden, welche mit konventionellen Sondenanlagen technisch nicht umsetzbar wären!*





---

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



tewag Technologie – Erdwärmeanlagen – Umweltschutz GmbH  
Niederlassung Starzach  
Am Haag 12  
72181 Starzach-Felldorf  
[www.tewag.de](http://www.tewag.de)

---