

# Erfolgsfaktoren für solare Mikronetze mit saisonaler geothermischer Wärmespeicherung



**Peter Biermayr (TU-Wien, Energy Economics Group)**

**Gregor Götzl, Julia Weilbold, Anna-Katharina Brüstle (Geologische Bundesanstalt)**

**Gerald Stickler (HTL Wiener Neustadt)**

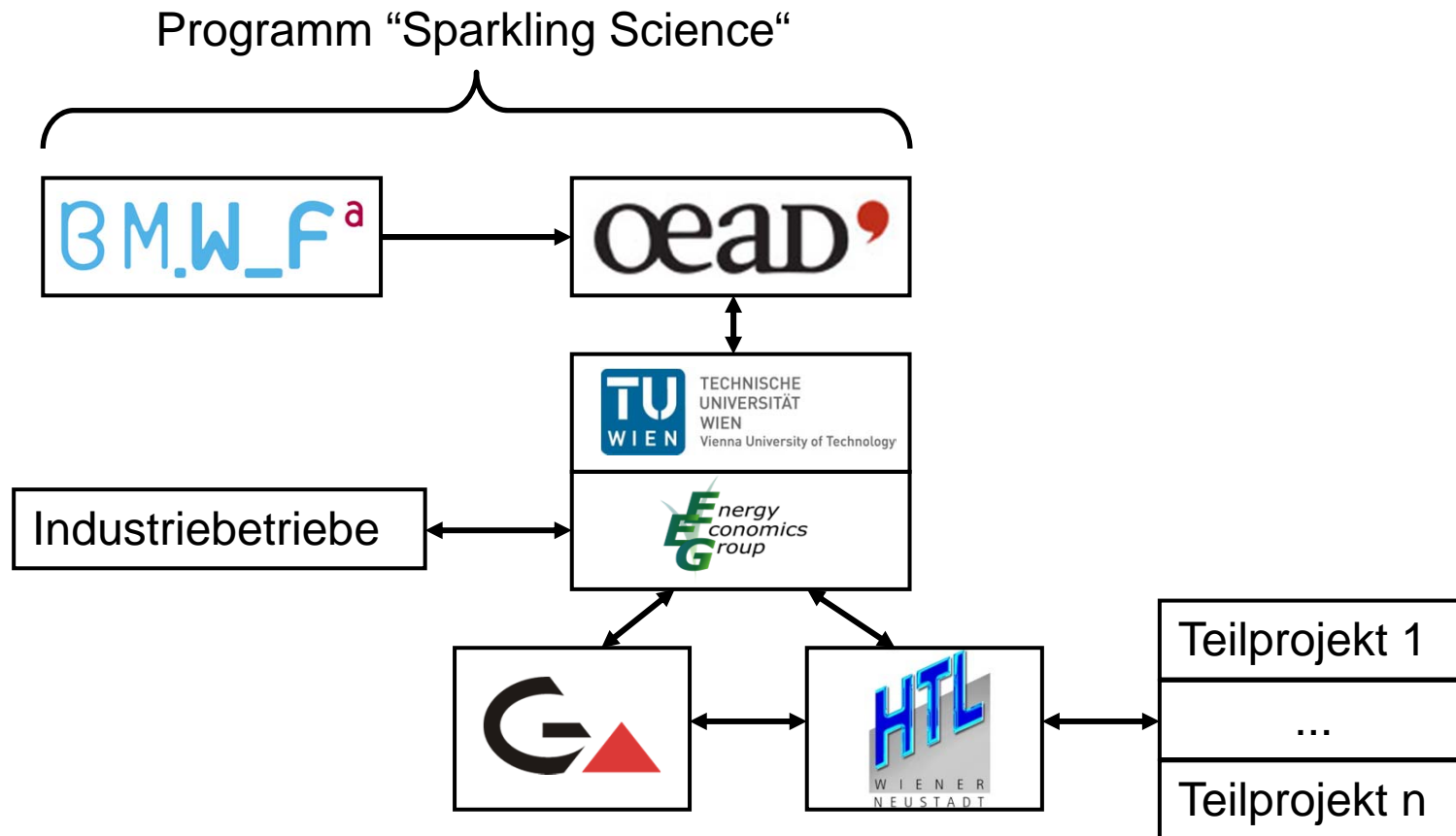


Ein Forschungsprojekt im Rahmen des Forschungsprogramms “Sparkling Science“, gefördert vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

## **Inhalt der Präsentation:**

- 1. Das Projekt GEOSOL im Programm  
“Sparkling Science“**
- 2. Motivation und Fragestellung**
- 3. Nachfragepotenzial bis 2050**
- 4. Methodische Vorgangsweise**
- 5. Vorläufige Ergebnisse und  
Schlussfolgerungen**

## Organisationsstruktur



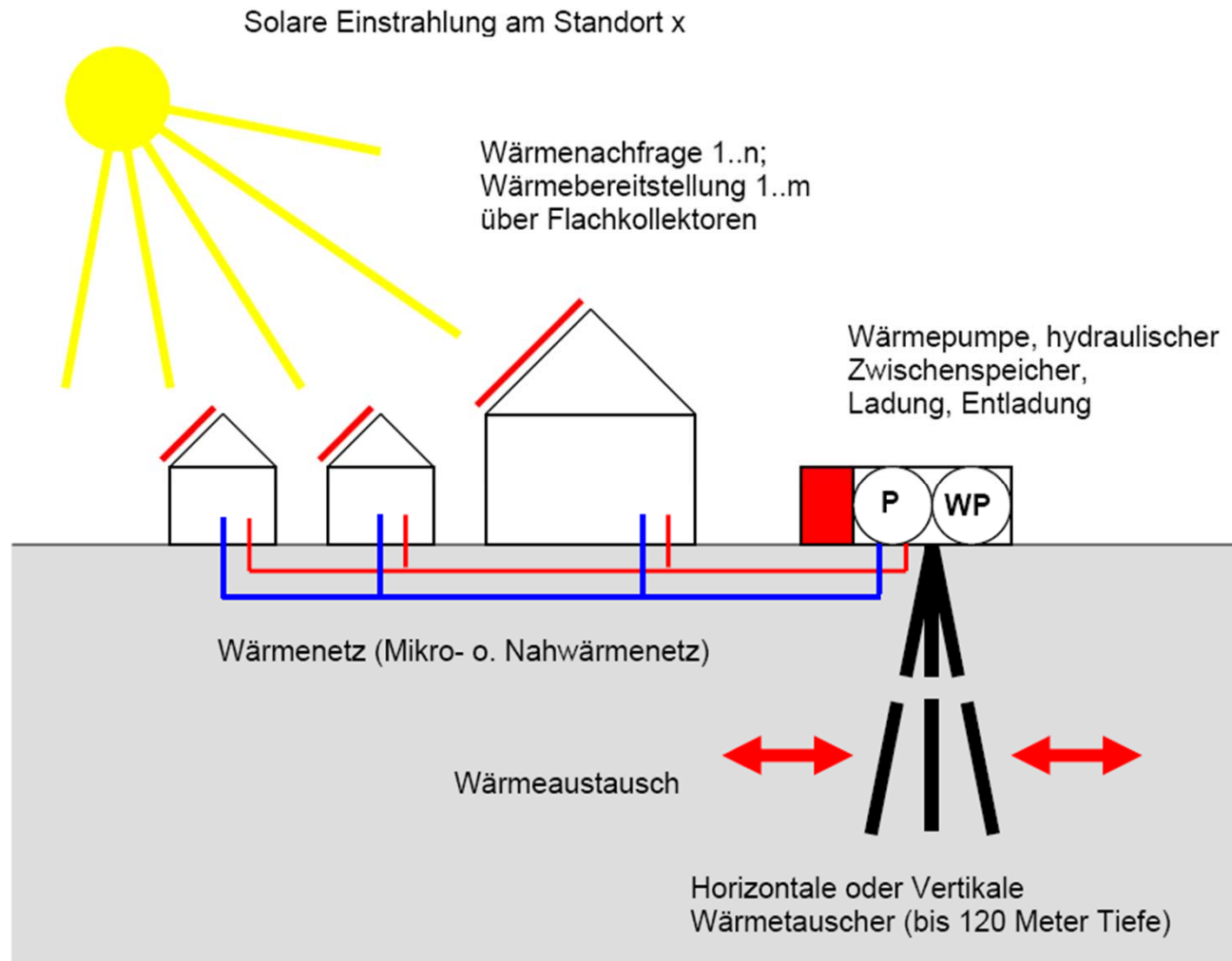
## Untersuchungsleitende These

- **Saisonale Wärmespeicherung ist die Schlüsseltechnologie für eine vollsolare Wärmeversorgung im NT-Bereich.**

### Rahmenbedingungen:

- **wirtschaftlich**
- **ökologisch verträglich**
- **kompatibel mit der Gesellschaft der Zukunft und dem Haus der Zukunft**

# GEOSOL-Modellsystem



## Forschungsfragen

### Allgemein:

- Was sind die Erfolgsfaktoren für das GEOSOL-Modellsystem?

### Drei Hauptziele:

1. Untersuchung der Eignung von oberflächennahen geothermischen Speichern (langfristig, dynamisch).
2. Technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen für das GEOSOL-Modellsystem.

## Forschungsfragen

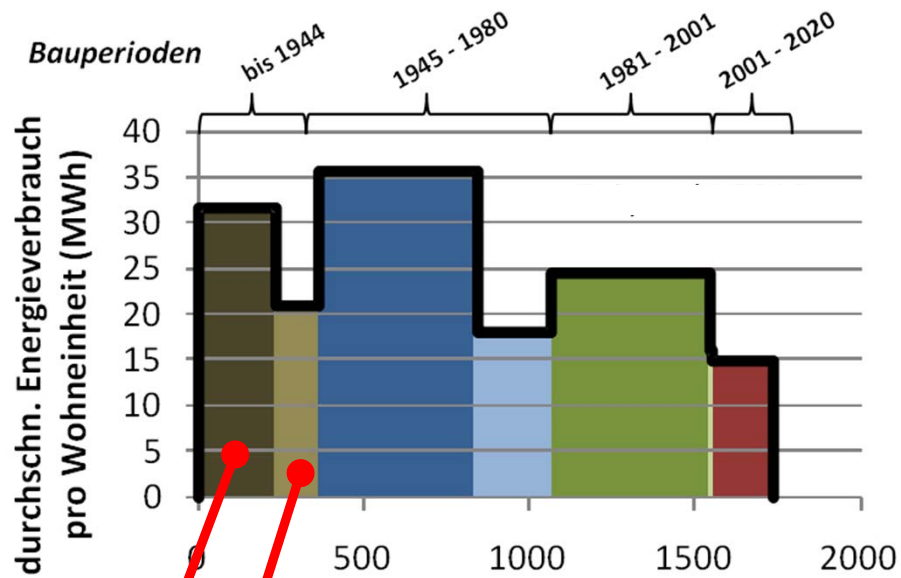
### Drei Hauptziele (Fortsetzung):

3. Analyse der praktischen Umsetzbarkeit anhand praktischer Fallstudien im Großraum Wiener Neustadt.

### Wesentliche Details:

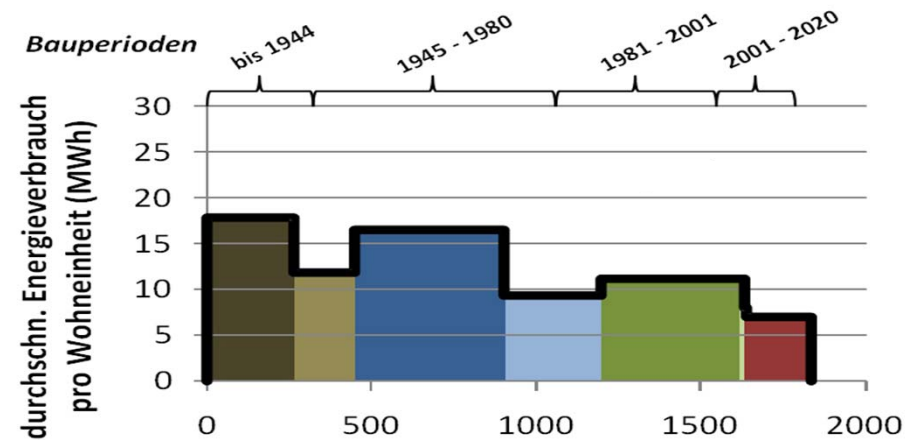
- Welche Gebäudestrukturen kommen in Frage?
- Welche geologischen Formationen eignen sich?
- Welche Quellen-/Senkentypen eignen sich?
- Innovationsbedarf bei technischen Komponenten?
- Faktoren für wirtschaftlichen Betrieb?
- Passen die rechtlichen Rahmenbedingungen?
- Ökologische Auswirkungen?

## Gebäudebestand Österreich 2010



saniert

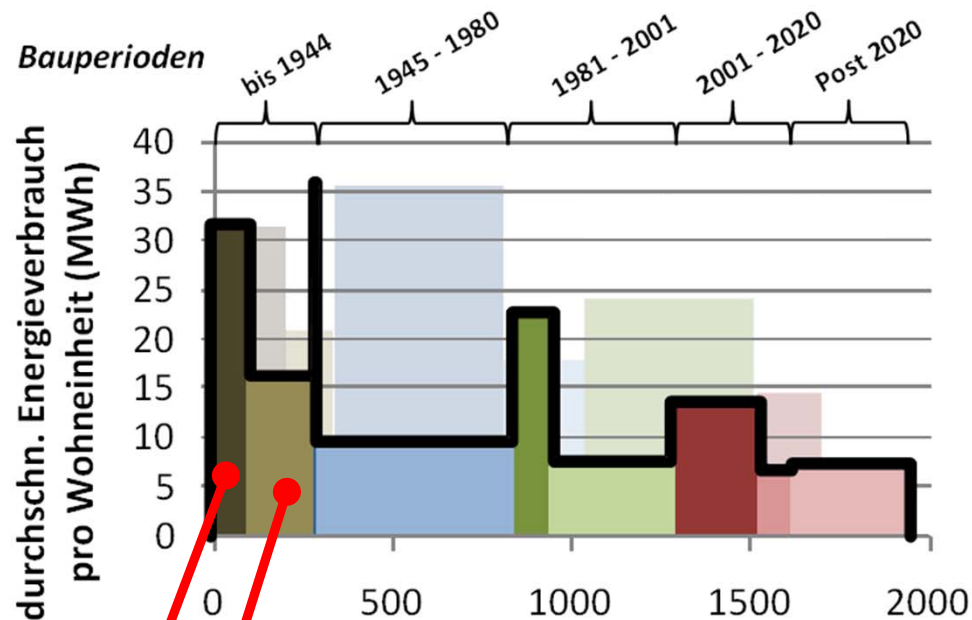
nicht saniert



Quelle Grafiken: Müller A., Biermayr P., 2010, "Heizen 2050"



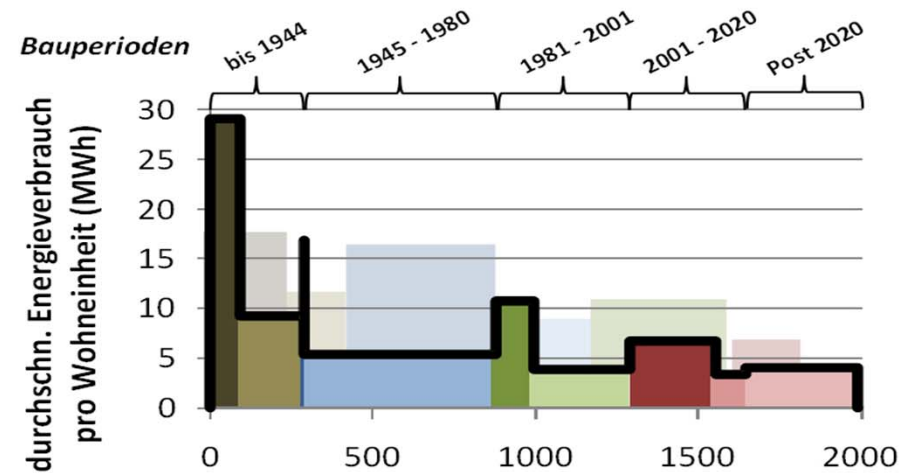
## Gebäudebestand Österreich 2050



Ein- u. Zweifamilienhäuser  
(in 1000 WE)

saniert

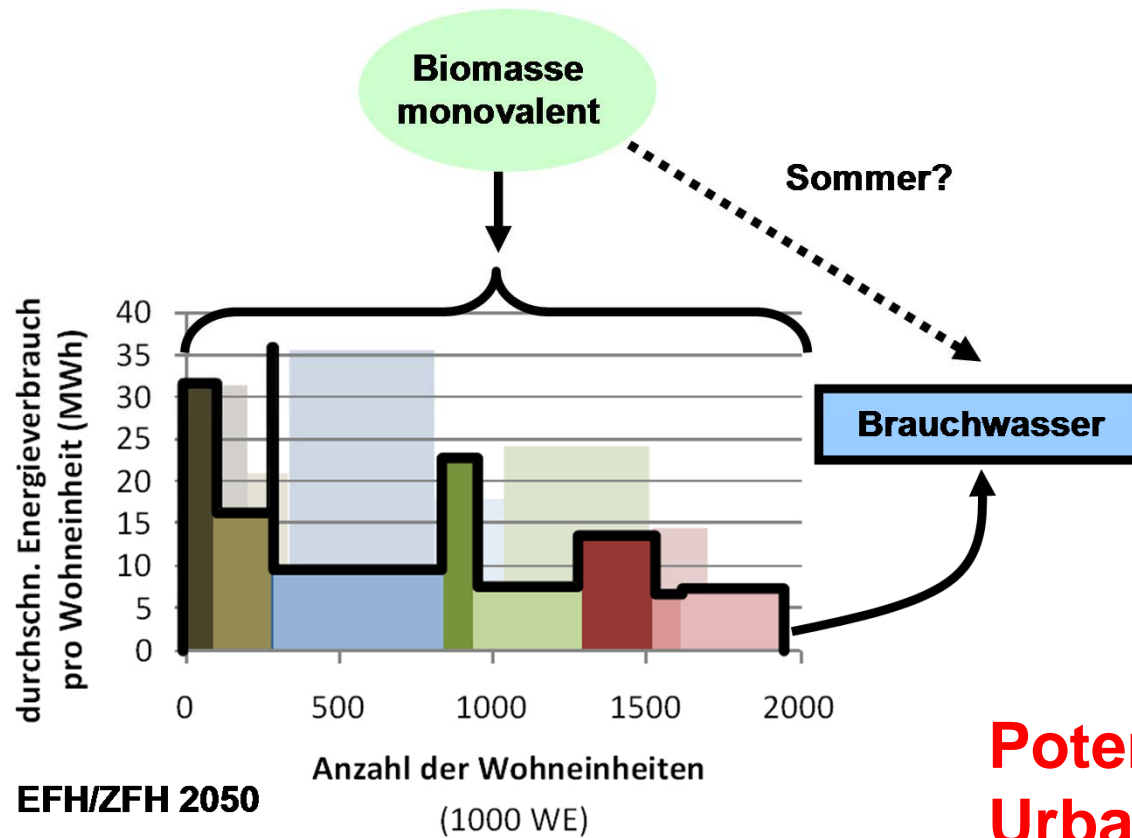
nicht saniert



Mehrfamilienhäuser  
(in 1000 WE)

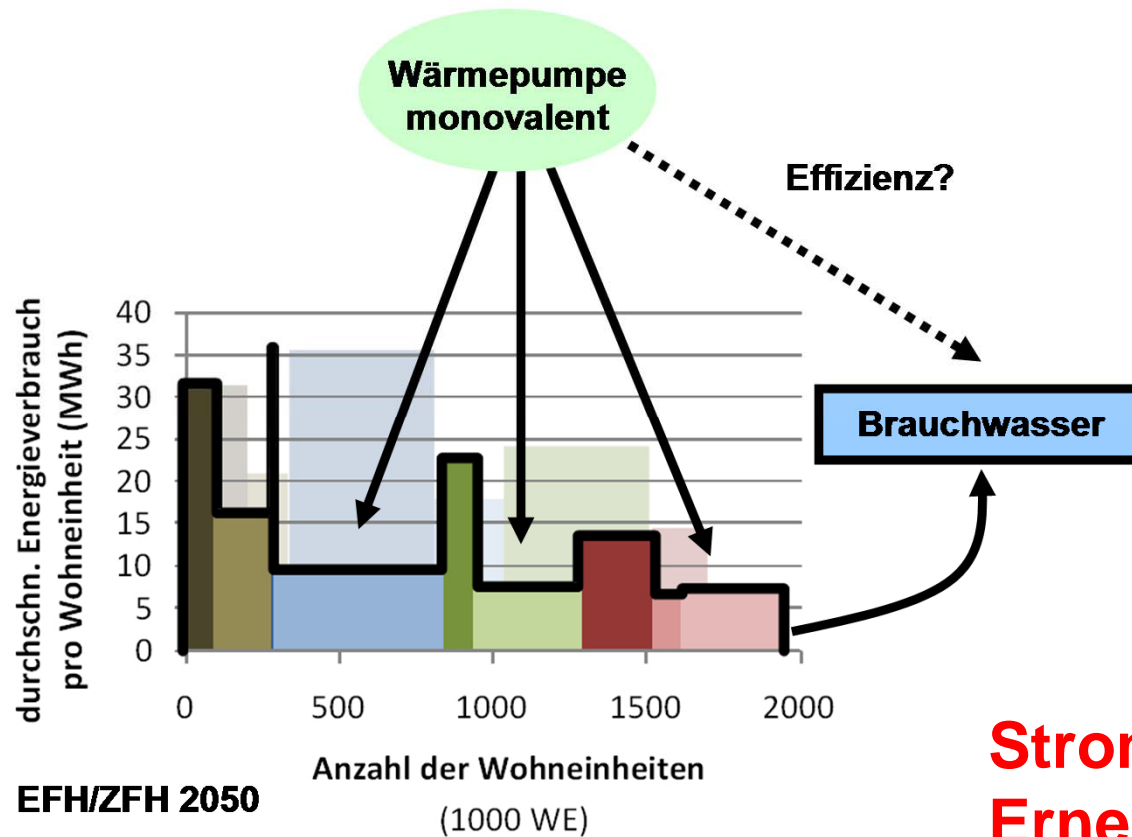
Quelle Grafiken: Müller A., Biermayr P., 2010, "Heizen 2050"

# Wärmebereitstellung mit Biomasse ?



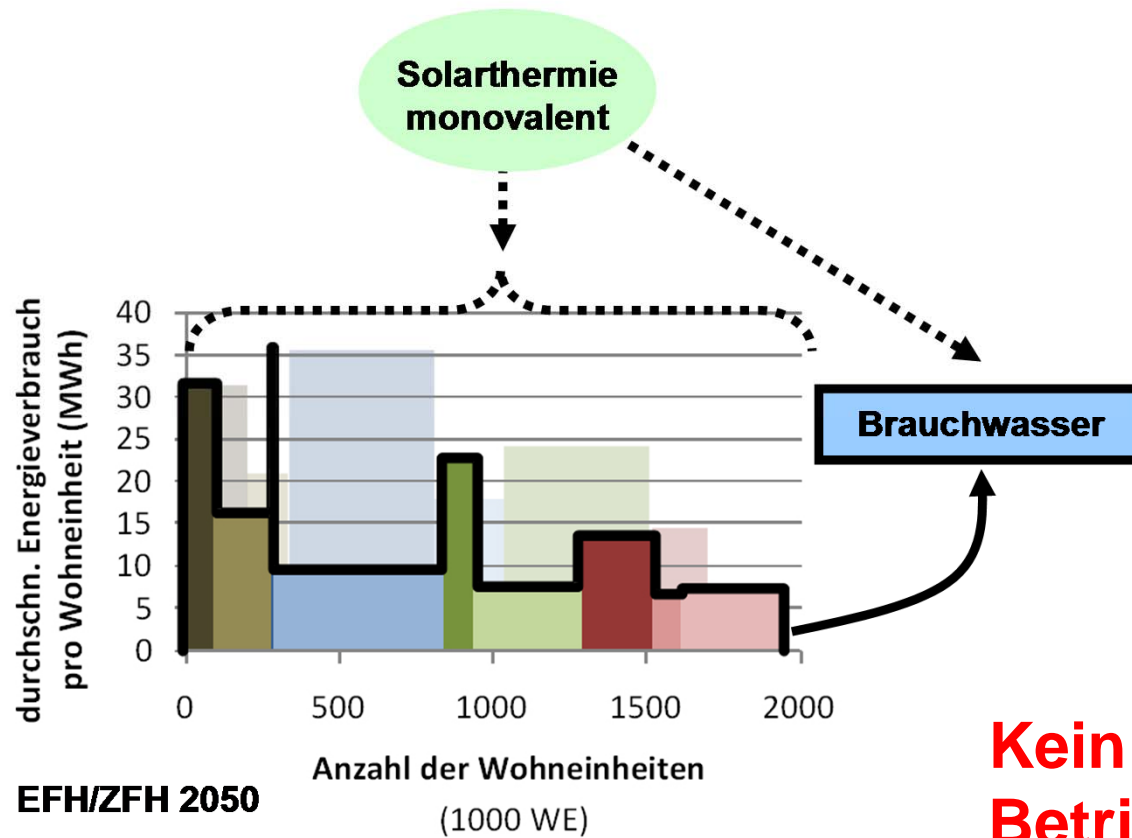
Potenziale?  
Urbane Strukturen?

## Wärmebereitstellung mit Wärmepumpe ?



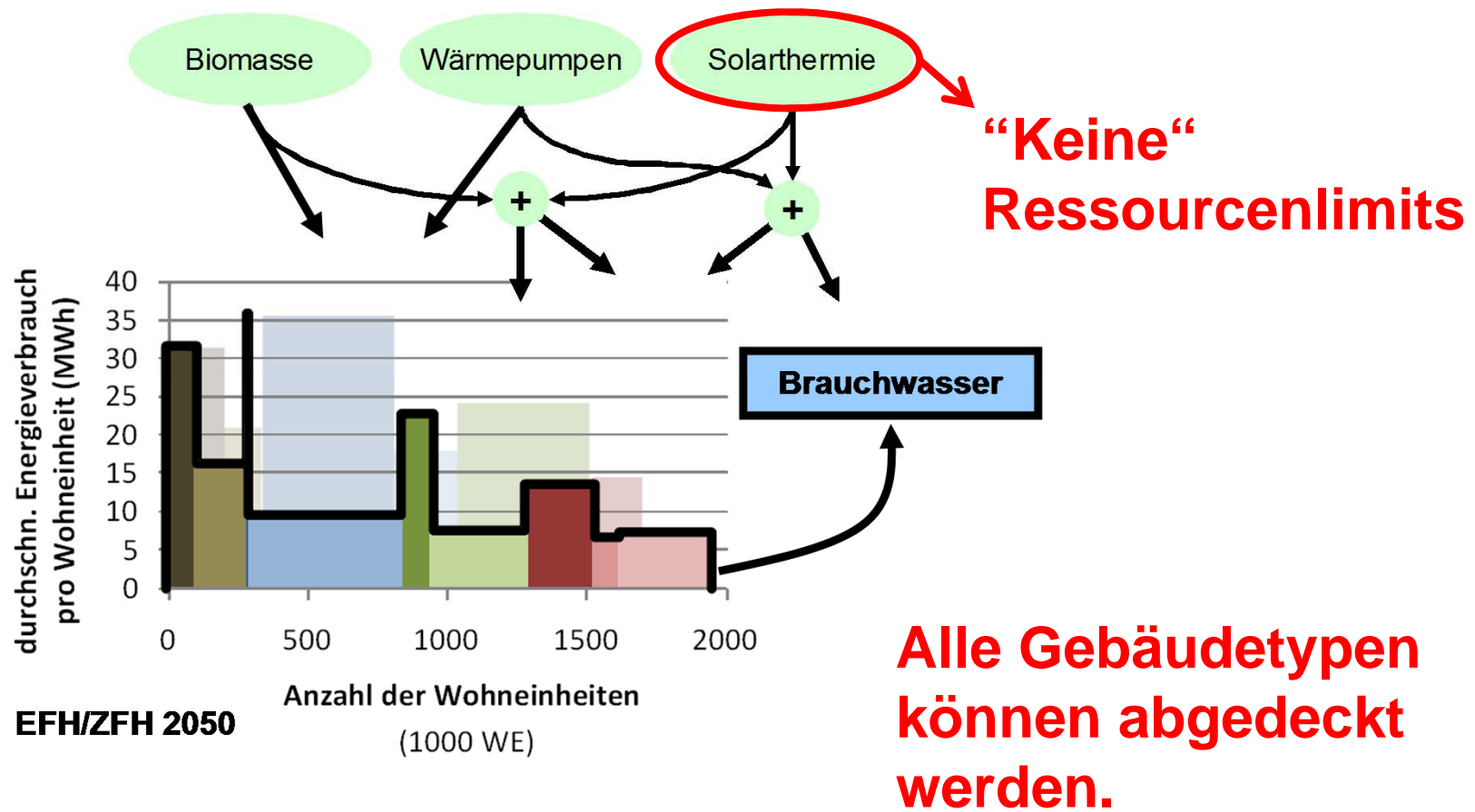
**Strom aus  
Erneuerbaren?  
Jahresarbeitszahlen?**

## Wärmebereitstellung mit Solarthermie ?



**Kein monovalenter  
Betrieb!**

## Wärmebereitstellung mit Solarthermie ?



## Methodische Herangehensweise

- Analyse internationale Erfahrungen
- Definition eines Modellsystems
- Simulationsmodell (dynamisch, Basis Testreferenzjahre, Zeitschritt 1h, Zeitraum 5 Jahre, auf Excel-Oberfläche)
- Validierung des eigenen Modells mit dynamischer Simulationssoftware (TRNSYS)
- Simulationssoftware für Sonden von Prof. Glück (D)
- Parametervariation, Sensitivitäten
- Anwendung an konkreten Fallstudien
- Wirtschaftlichkeitsmodell

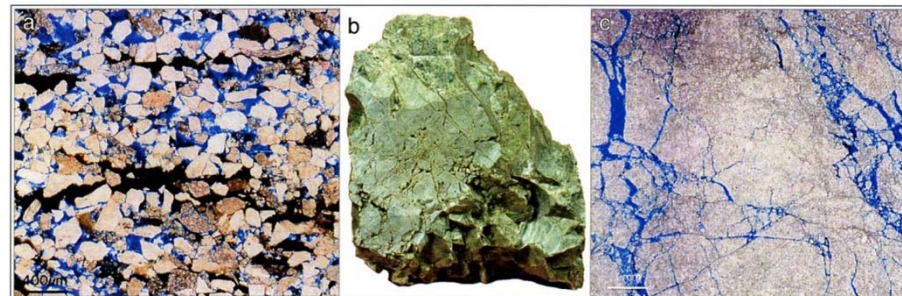
# Auswahl der Fallstudien (Lokalitäten)



**Porengrundwasserleiter:** Sand, Kies; (Quartär)

**Kluftgrundwasserleiter:** Gneis, Sandstein (Zentralalpin)

**Karstgrundwasserleiter:** Kalk, Dolomit (Nördliche Kalkalpen)

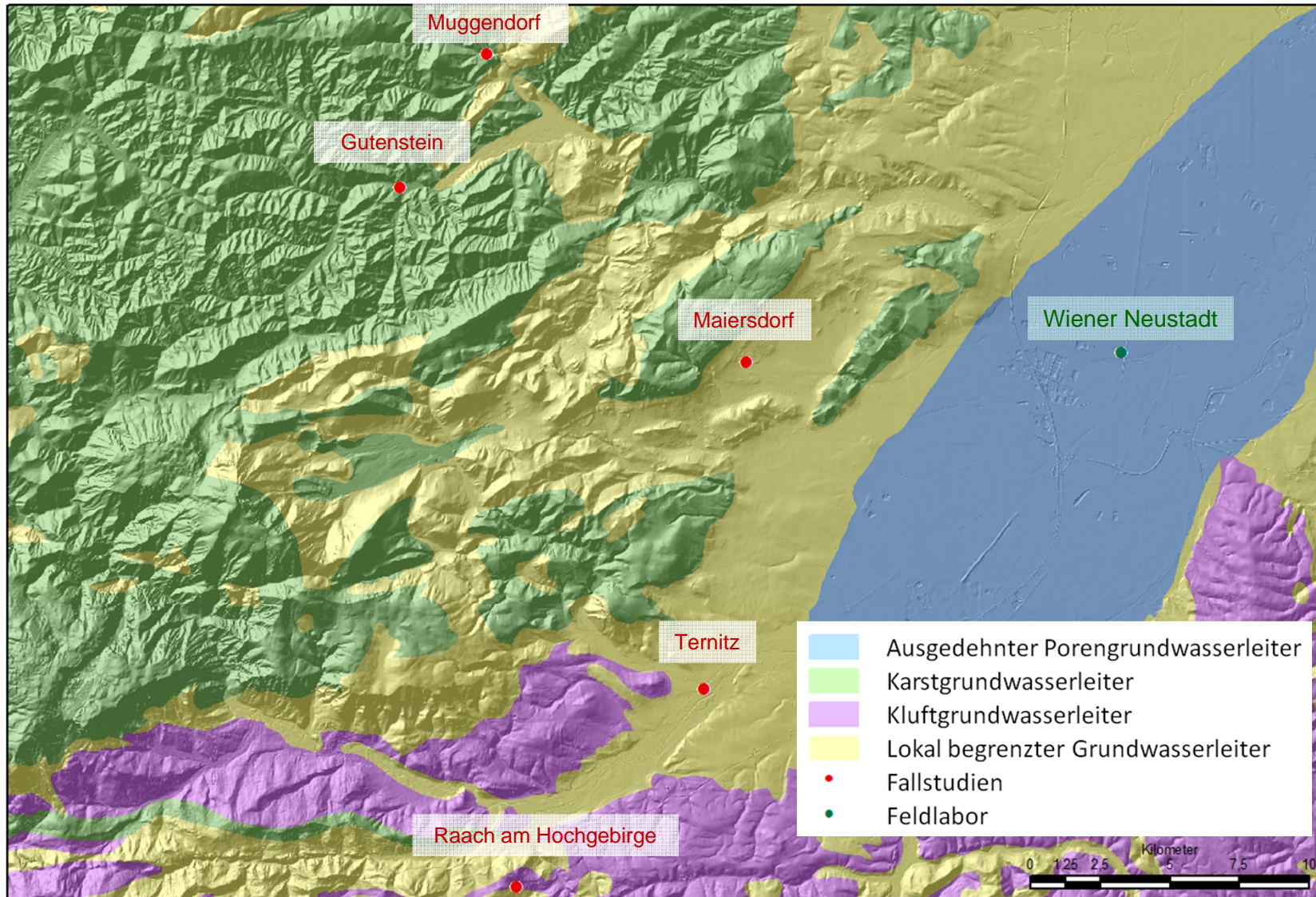


Hohlraumporosität  
im Sandstein

Kluftporosität in Dolomit

Beide Abbildungen aus Wessely, 2006

Quelle: Geologische Bundesanstalt





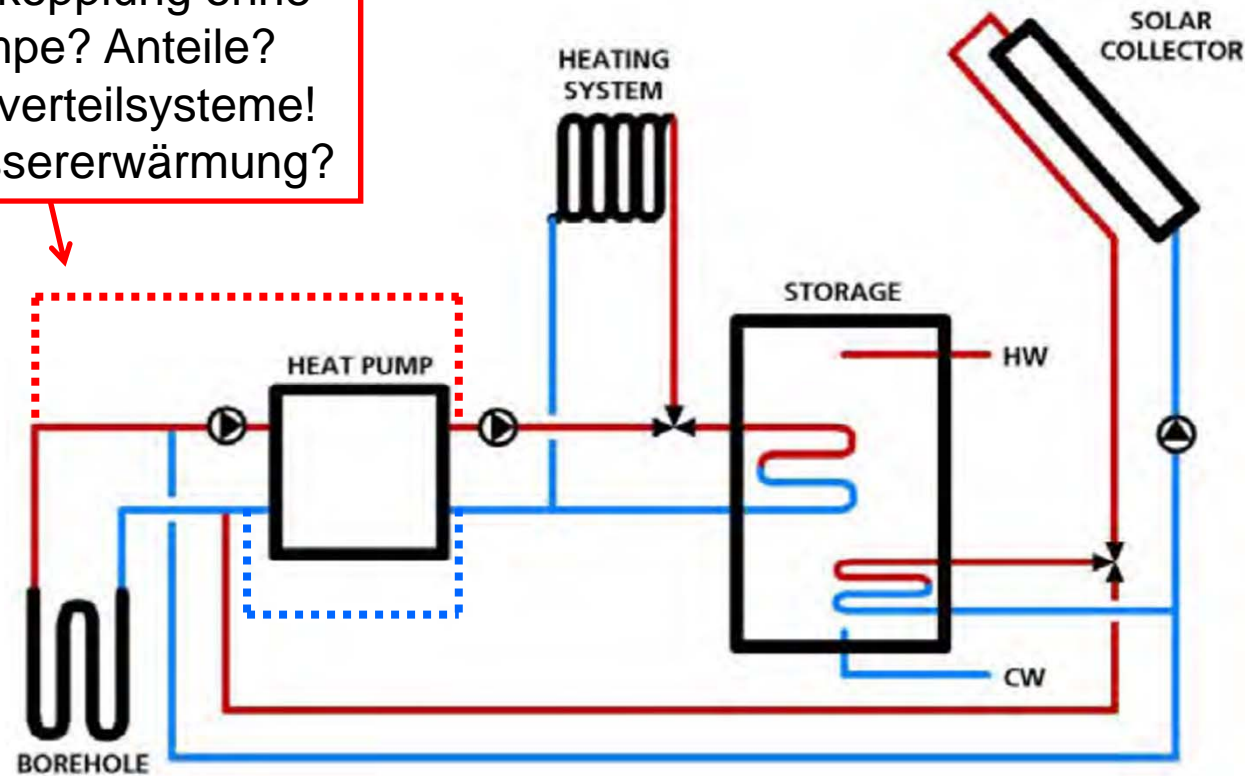
# Fallstudie Gemeinde Hohe Wand

Luftbild: NÖ Landesregierung, NÖ-Atlas



# Hydraulische Prinzipschaltung

Wärmeauskopplung ohne Wärmepumpe? Anteile? NT-Wärmeverteilsysteme! Brauchwassererwärmung?



## Modellrechnungen zur Wärmespeicherung

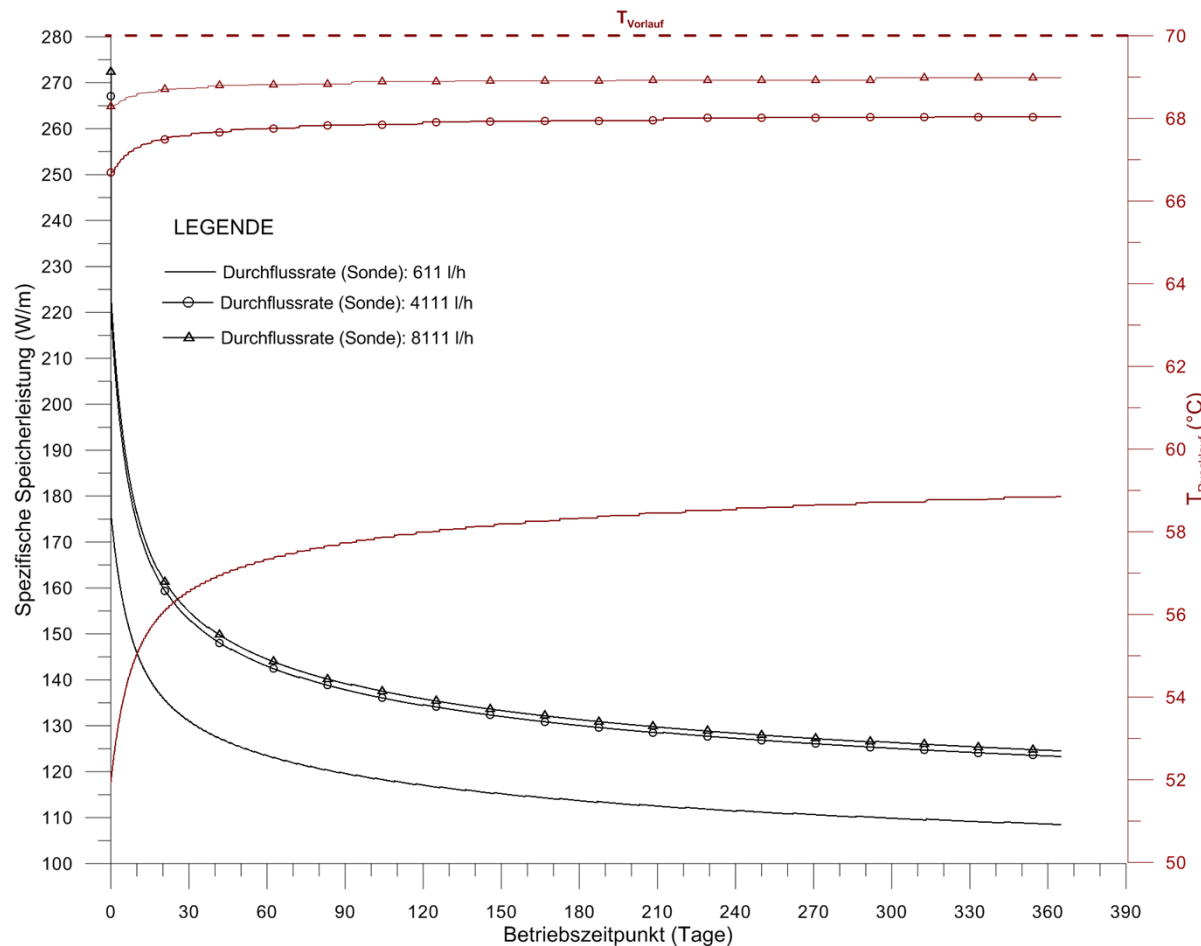
- Betrachtung von geschlossenen Wärmetauschern
- Systemvergleich: Vertikalsonde (Doppel U-Rohr) vs. Flachkollektor

## Modellannahmen

- **Homogener Untergrund**, ohne Grundwasser  
[WL: 2.0 W/(m·K), WK: 1100 J/(kg·K); Dichte: 2000 kg/m<sup>3</sup>]
- **Doppel U-Rohr Sonde**: Länge 90 Meter;  $d_a=140\text{mm}$ ;  $q=\text{variabel}$ ,  $\text{ref}=1500\text{ l/h}$
- **Vorgabe der Vorlauftemperatur** ( $T_{\text{VL}}$ ) in die Sonde / in den Kollektor
- **Wärmespeicherung** bei  $T_{\text{VL}} = 70^\circ\text{C}$  konstant
- **Wärmeentzug** bei  $T_{\text{VL}} = -3^\circ\text{C}$  konstant
- Variable Vorlauftemperaturen
- Simulationssoftware: Prof. Glück (D, 2008); 2D Finite-Elemente Simulationstools;  
transiente Berechnung für 5 Betriebsjahre
- Analytische Lösungen für Spezialfragestellungen und Abschätzungen

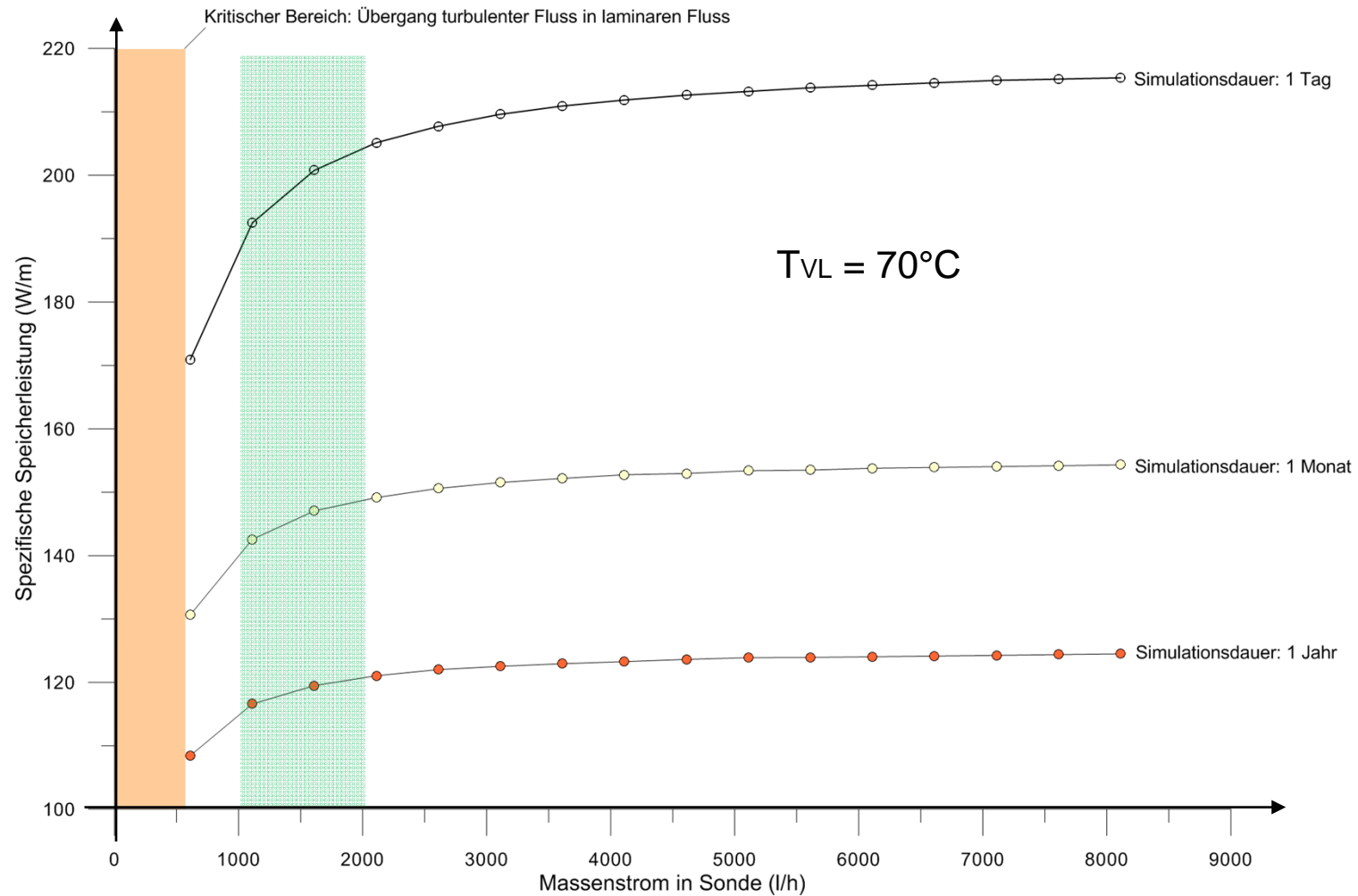
## (1) Dauerhafte Beladung einer Doppel U-Rohr Sonde

$T_{VL} = 70^\circ\text{C}$ , Simulationsdauer: 1 Jahr bei ständiger Beladung



- **Speicherleistung** im Jahresmittel 110-130 W/m.
- **Heizleistung** (konventioneller Betrieb) bei gleichem Untergrund ca. 50W/m.
- **Selbst bei Dauerbetrieb** tritt quasistationärer Zustand in Sonde ein.
- **Erhöhung des Massenstroms** in Sonde bringt keine signifikanten energetische Vorteile (Sättigung).
- **Kritischer Massenstrom** (Untergrenze) durch Übergang turbulenter Fluss – laminares Fluss in Sonde → hier: ca. 600 l/h
- **Maximaler Massenstrom** durch Antriebsleistung Pumpe beschränkt

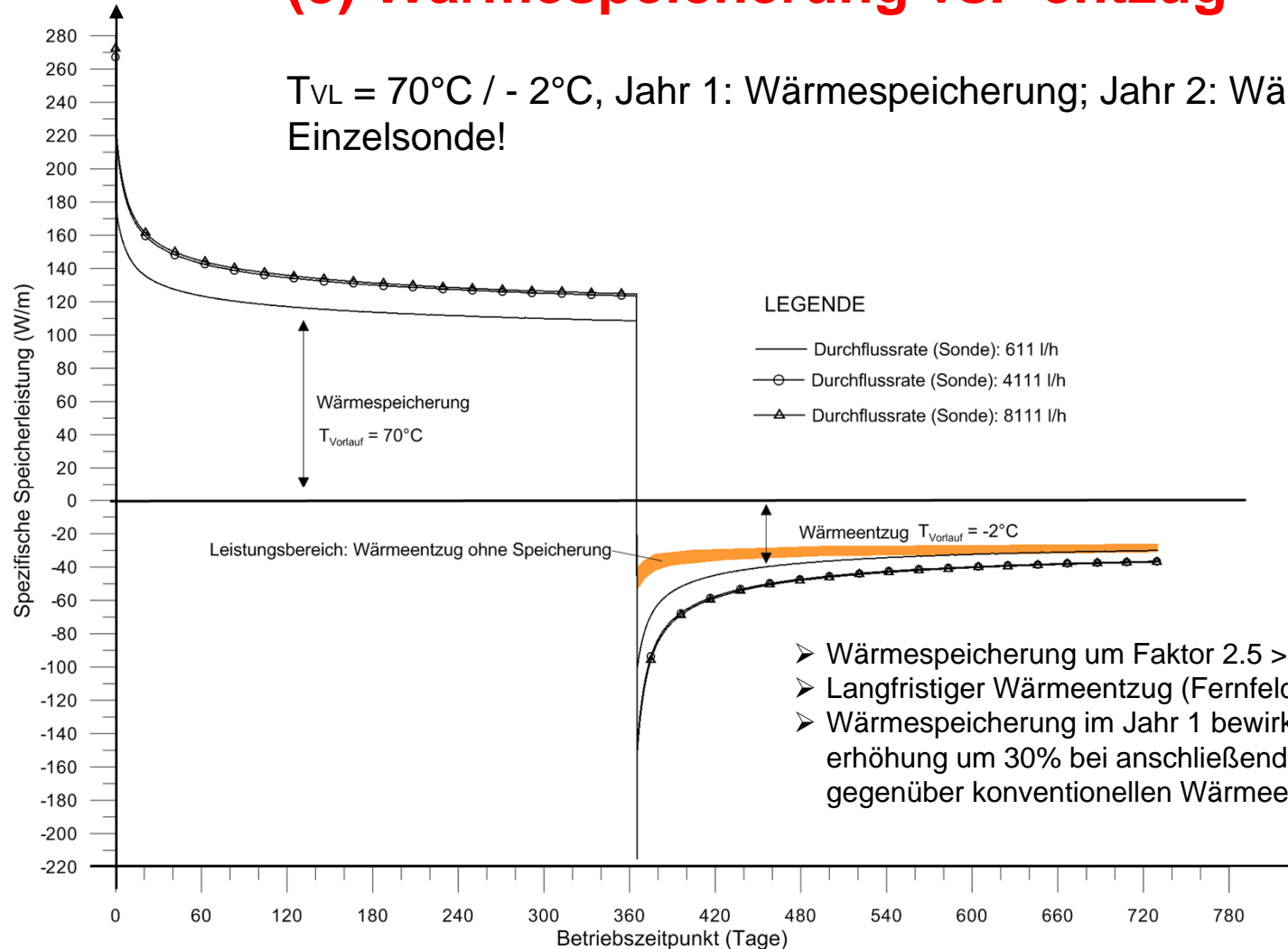
## (2) Wärmespeicherung und Pumpenleistung



➤ optimaler Bereich zwischen 1000 l/h und 2000 l/h.

## (3) Wärmespeicherung vs. -entzug

$T_{VL} = 70^\circ\text{C} / -2^\circ\text{C}$ , Jahr 1: Wärmespeicherung; Jahr 2: Wärmeentzug  
Einzelsonde!

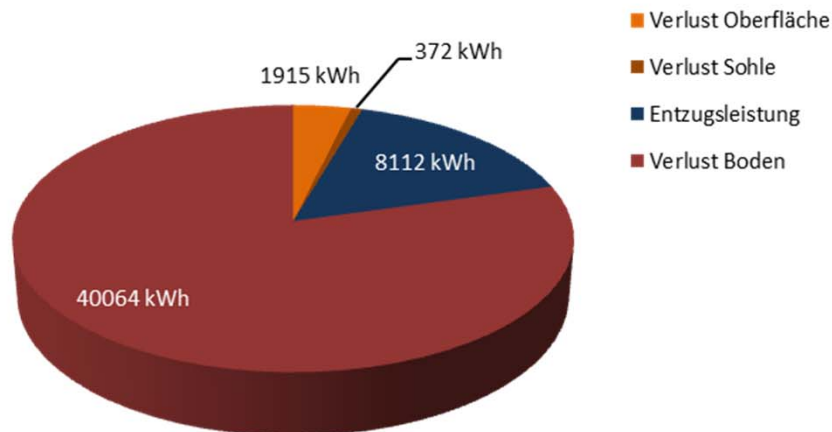


- Wärmespeicherung um Faktor 2.5 > als Wärmeentzug
- Langfristiger Wärmeentzug (Fernfeld) problematisch!
- Wärmespeicherung im Jahr 1 bewirkt Leistungserhöhung um 30% bei anschließendem Wärmeentzug gegenüber konventionellen Wärmeentzug

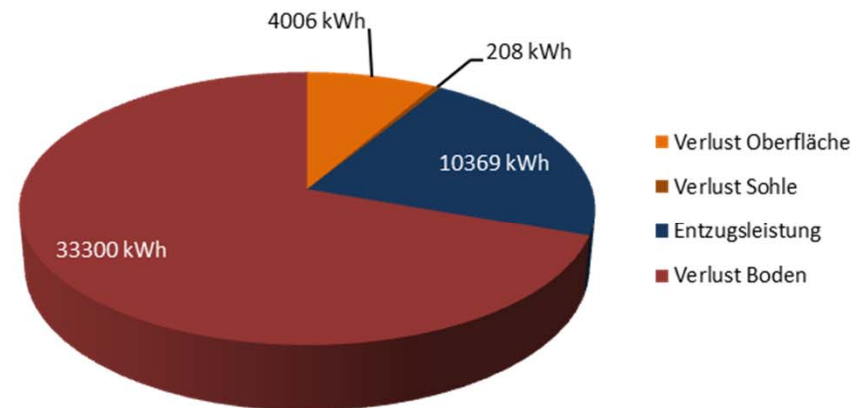
## (4) Energiebilanz: Doppel U-Rohr Sonde

Wechselbetrieb Wärmespeicherung - Heizen, Simulationsdauer: 5 Jahre

**Bilanz: Simulationsjahr 1**

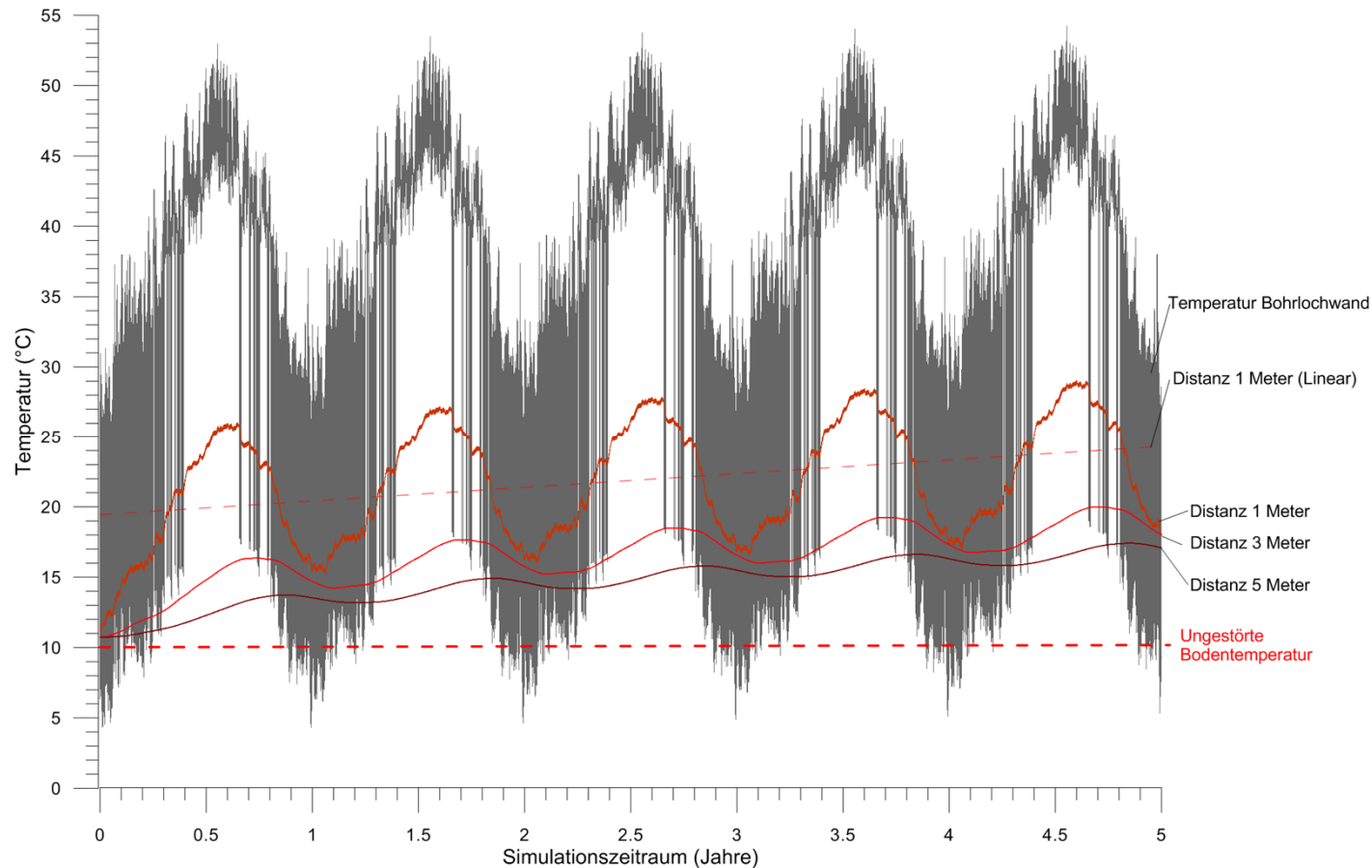


**Bilanz: Simulationsjahr 5**



- Simulation: Nur Wärmespeicherung – keine solare Direktversorgung!
- Speichereffizienz variiert zwischen 17% und 21%, nimmt im Laufe der Betriebsjahre zu
- Verlust Boden: Energie, die zwar eingespeichert aber in Simulation nicht entnommen werden konnte
- Problem: Entnahme der gespeicherten Wärme im Fernfeld der Sonde (Distanz > 1m)
- Verluste an Oberfläche zwischen 4% und 8% (nehmen im Laufe der Betriebsjahre zu)

## (5) Temperaturen im sondennahen Bereich

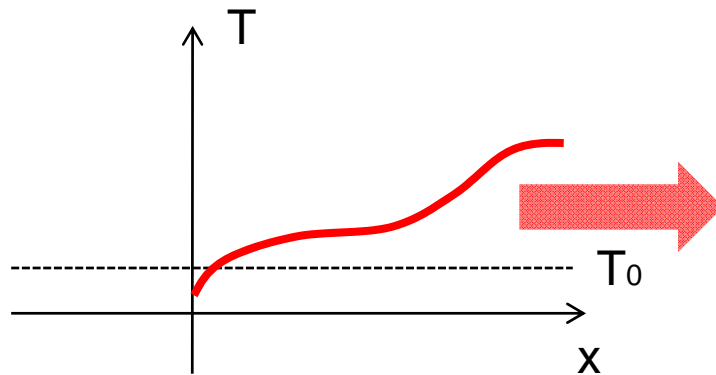
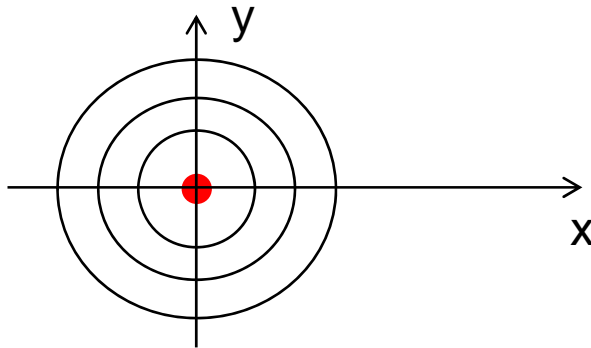


- Wechselbetrieb Wärmespeicherung - Heizen, Simulationsdauer: 5 Jahre
- Starke Beeinflussung des Untergrundes beschränkt sich auf das direkte Sondenumfeld.
- In Distanz von 3 Meter Erwärmung des Untergrundes nach 5 Jahren nur ca. 5°C.
- Sukzessive Aufwärmung des sondennahen Untergrundes infolge des ungenügenden Wärmeentzug während den Heizphasen.

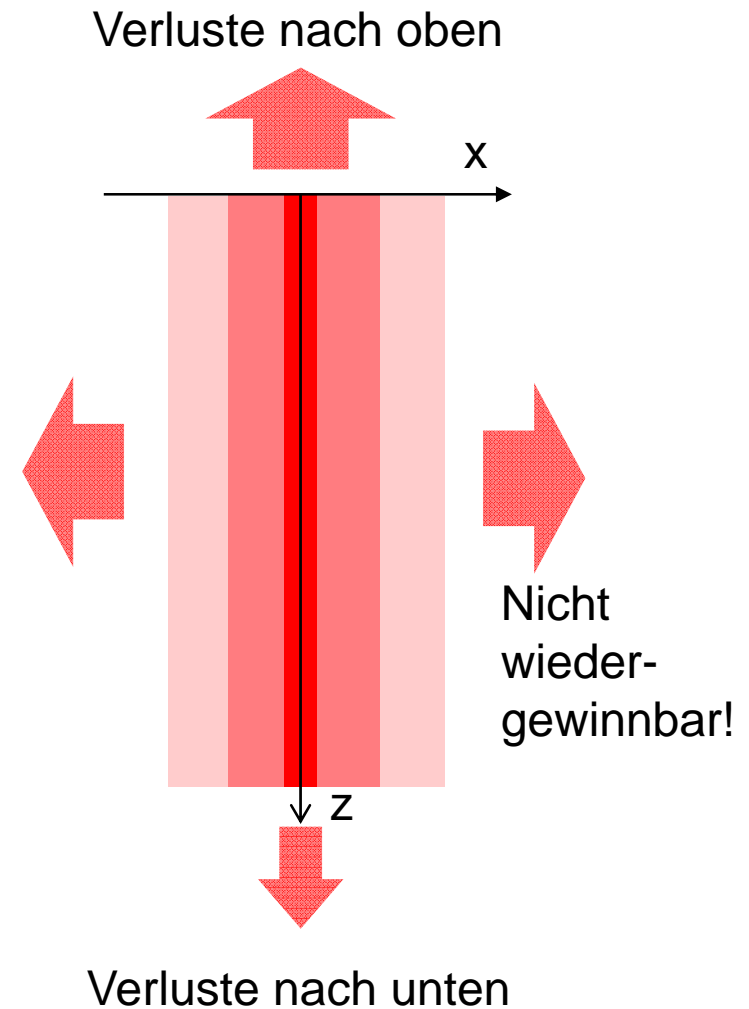


# Anordnung von Sondenfeldern

**Einzelsonde  
(Ladung u. Entladung)**

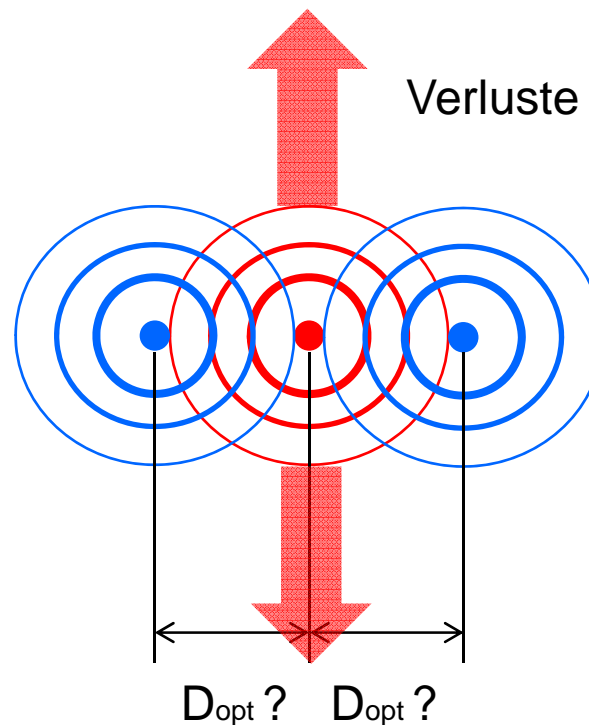


Saisonale Welle, Verluste!



# Anordnung von Sondenfeldern

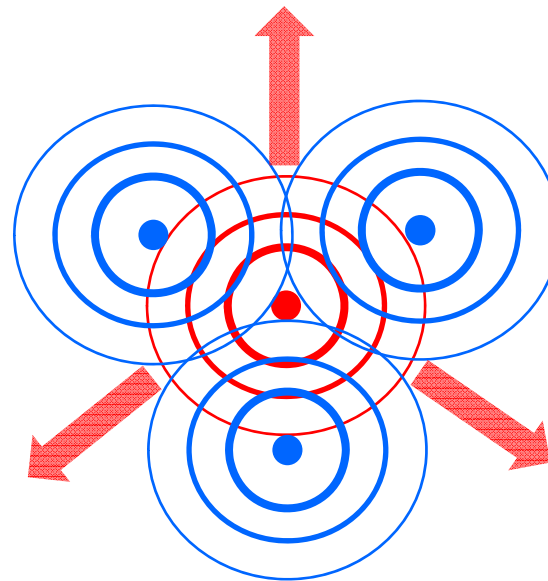
1 Lade- u. 2 Entladesonden



Optimaler Sondenabstand: Homogener Untergrund?  
Bodenbeschaffenheit? Grundwasser? Grundwasser mit Strömung?

# Anordnung von Sondenfeldern

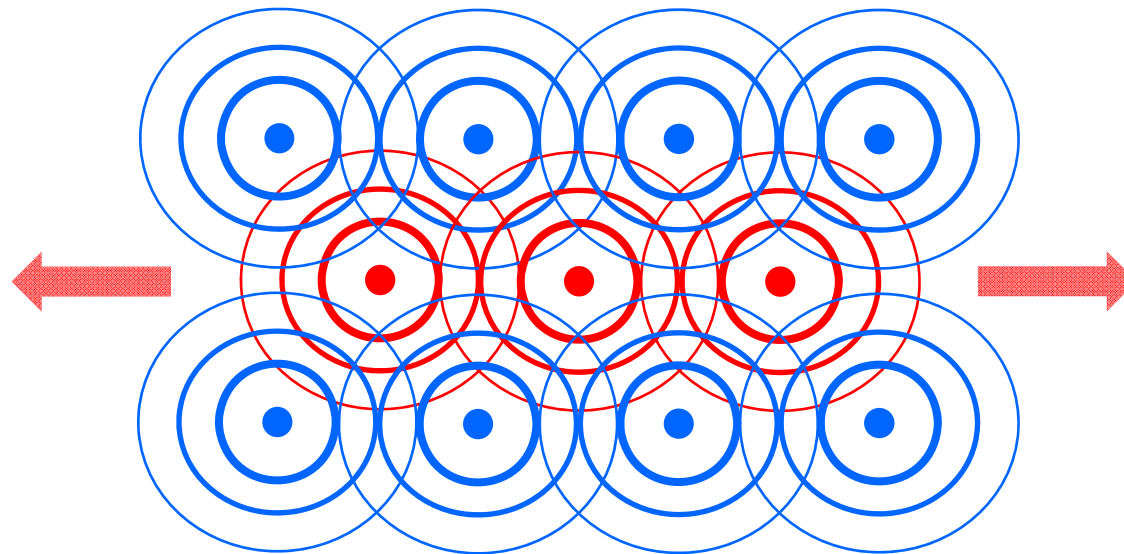
1 Lade- u. 3 Entladesonden



Optimaler Sondenabstand: Homogener Untergrund?  
Bodenbeschaffenheit? Grundwasser? Grundwasser mit Strömung?

# Anordnung von Sondenfeldern

Sondenfelder (z.B. Fundamentaktivierung, Betonpfähle,...)



Variable Ladung/Entladung:

kurzfristige Schwankungen: alle Sonden

langfristige (saisonale) Überschüsse in den zentralen Sonden!

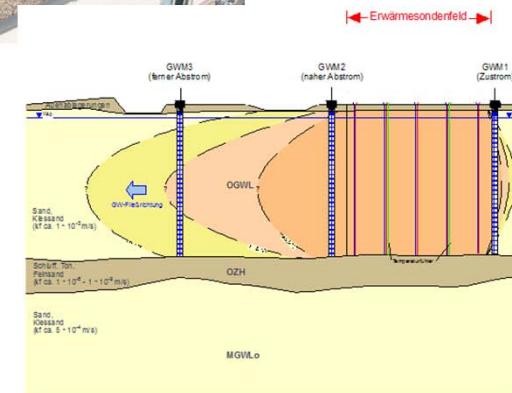
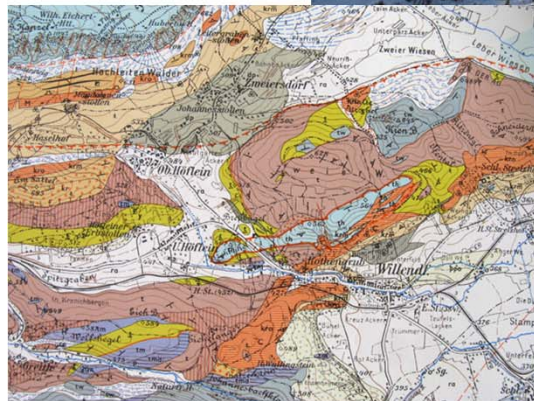
## Vorläufige Schlussfolgerungen (1):

- **Geeignete Gebäudestrukturen: NT-WVTS aber mit nicht zu geringem Wärmebedarf (Investkosten der Bohrungen). Optimale Strukturen?**
- **Horizontale Erdkollektoren sind für die saisonale Speicherung ungeeignet (Oberflächenverlust 50%).**
- **Die Beladung des SONDENSPEICHERS ist unproblematisch, die Entladung ist die Herausforderung.**
- **Eine thermische Übersättigung des Bohrlochs bei der Ladung ist nicht feststellbar.**

## Vorläufige Schlussfolgerungen (2):

- Die Speichereffizienz ist bei Einzelsonden gering – Lösung durch Sondenfelder!
- Dadurch Lösungen nur ab kritischem Wärmebedarf (Wirtschaftlichkeit).
- Die Effizienzperformance steigt mit den Betriebsjahren (vgl. sinkt bei reiner Entnahme).
- Geltende rechtliche Bestimmungen (Temperaturen im Boden) werden nur im Nahfeld der Sonde ( $r=1\text{m}$ ) verletzt (Anpassung erforderlich).

## Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt: Dr. Peter Biermayr, TU-Wien, [biermayr@eeg.tuwien.ac.at](mailto:biermayr@eeg.tuwien.ac.at), 01-58801-370358  
 Informationen im Web: [www.sparklingscience.at/de/projekte/405-geosol/](http://www.sparklingscience.at/de/projekte/405-geosol/) oder [www.geosol.at](http://www.geosol.at)