

DIE TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE MACHBARKEIT VON SAISONALER GEOHERMISCHER WÄRMESPEICHERUNG



präsentiert von Peter Biermayr (TU-Wien, Energy Economics Group)
erstellt unter der Mitwirkung von Gregor Götzl, Stefan Hoyer, Martin Fuchsluger
(Geologische Bundesanstalt) und
Gerald Stickler sowie SchülerInnen (HTL Wiener Neustadt)
am 17.02.2012 an der TU-Graz



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

Inhalt der Präsentation:

1. Motivation, Fragestellung
2. Ausblick und Potenzial
3. Methode
4. Vorläufige Ergebnisse
5. Vorläufige Schlussfolgerungen

Untersuchungsleitende These:

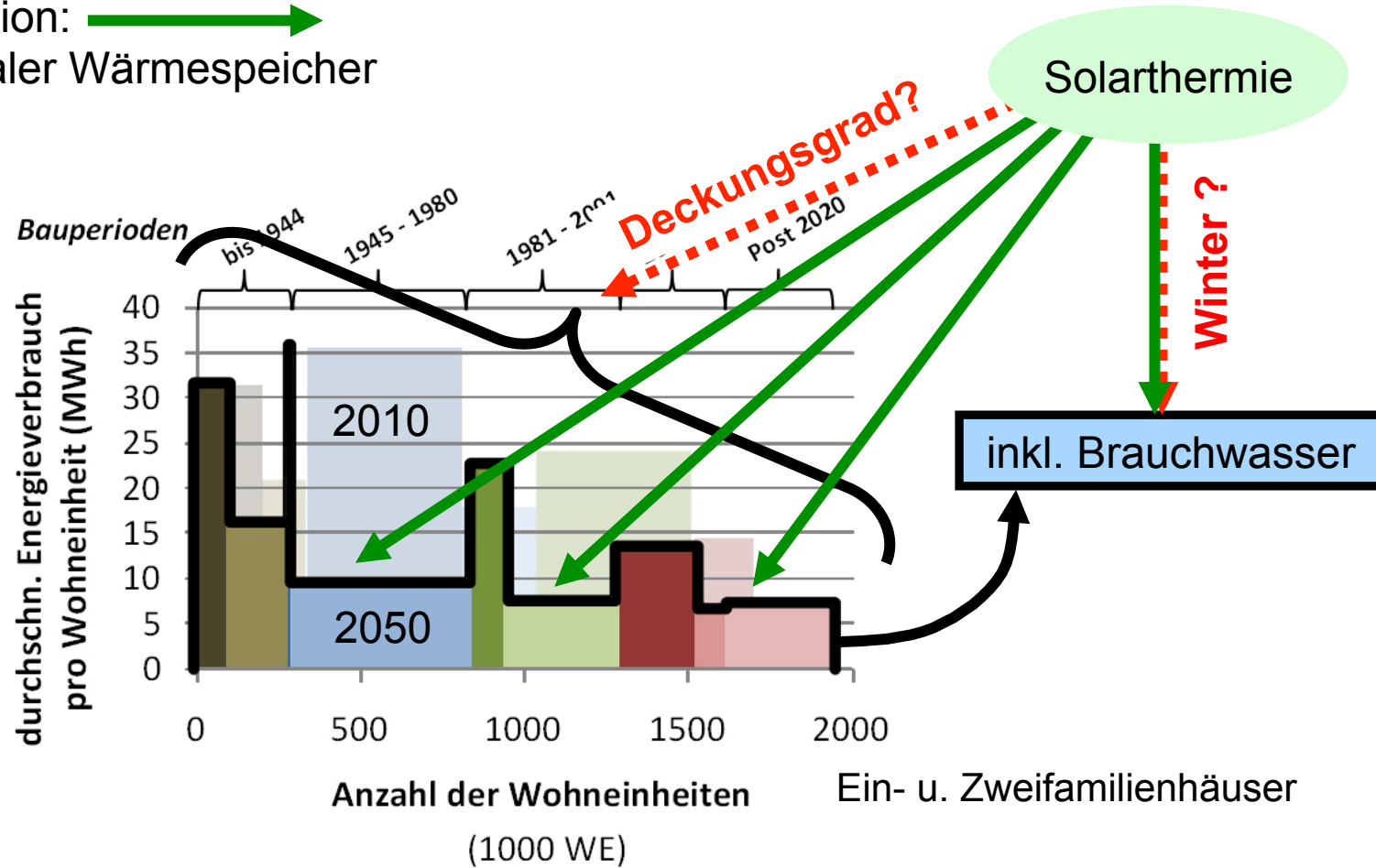
- **Saisonale Wärmespeicherung ist die Schlüsseltechnologie für eine vollsolare Wärmeversorgung im Niedertemperaturbereich.**

Drei Haupt-Forschungsfragen:

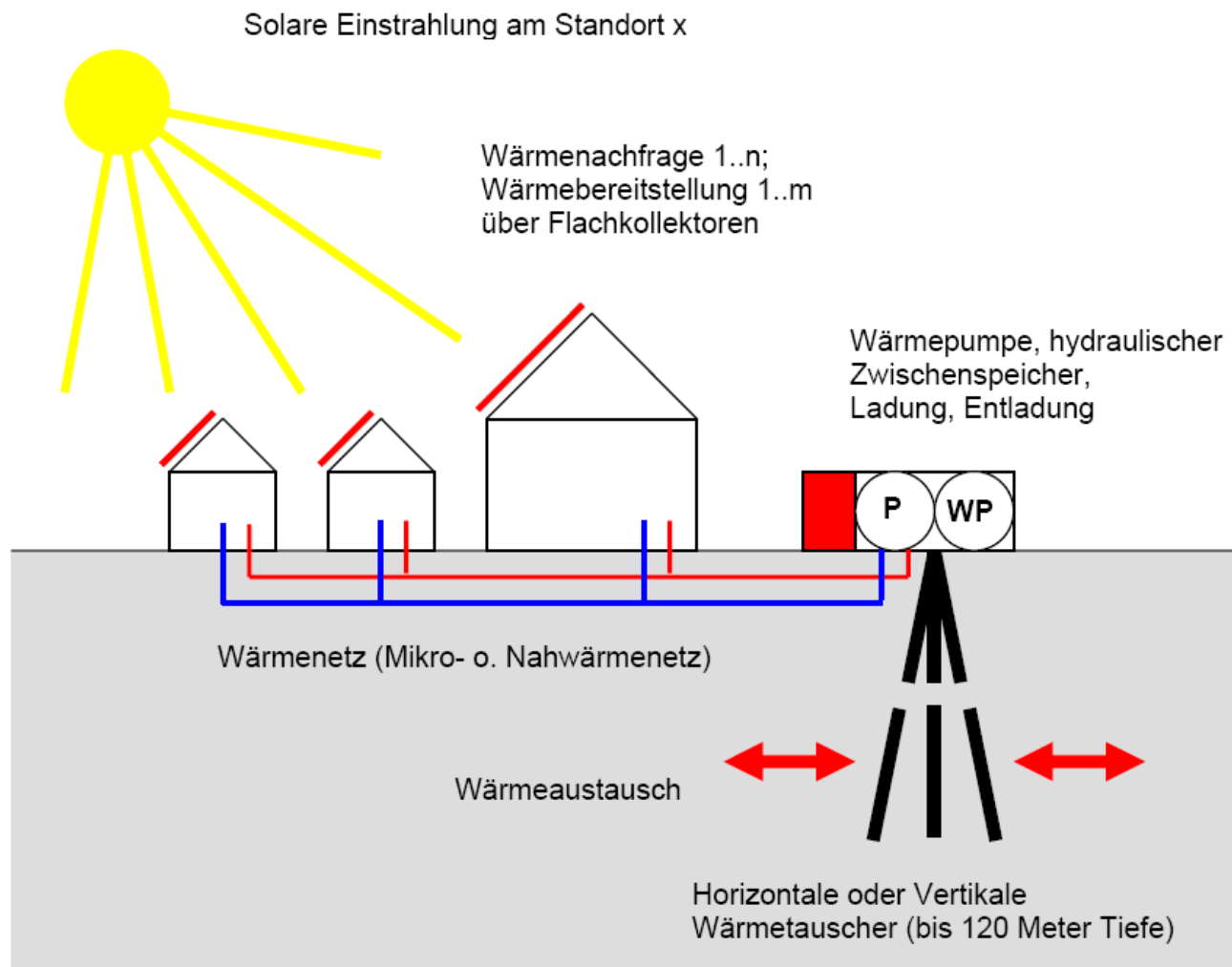
1. **Eignen sich oberflächennahe geothermische Speicher für die saisonale Wärmespeicherung?**
2. **Was sind die technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Erfolgsfaktoren für das GEOSOL-Modellsystem?**
3. **Können vielversprechende Fallstudien im Großraum Wiener Neustadt gefunden werden?**

Wärmebedarf österr. Gebäude 2010/2050

Innovation: saisonaler Wärmespeicher



Das GEOSOL-Modellsystem



Wesentliche Methoden

- Analyse internationaler Erfahrungen
- Simulation eines Modellsystems: Fokus auf unterirdische Komponenten, Zeitraster 1h, Zeitraum 5a
- Ausarbeitung konkreter Fallstudien (mit HTL)
- **Systemkomponenten:**
 - Wärmenachfrage (HWB Gebäude, BW-Erwärmung)
 - Wärmebereitstellung (solarthermische Anlagen)
 - Wärmenetz und dezentrale Komponenten
 - Wärmepumpe
 - Geothermischer Speicher

Simulation des Modellsystems (unterirdische Komponenten)

Analytische Näherungslösungen (stationärer oder periodischer Fall)



- Grundsätzliche Betrachtungen

Finite – Volumen Simulationsprogramm (Prof. Bernd Glück, D)



- Grundsätzliche Betrachtungen
- Systemvergleich BTES

Comsol Multiphysics™



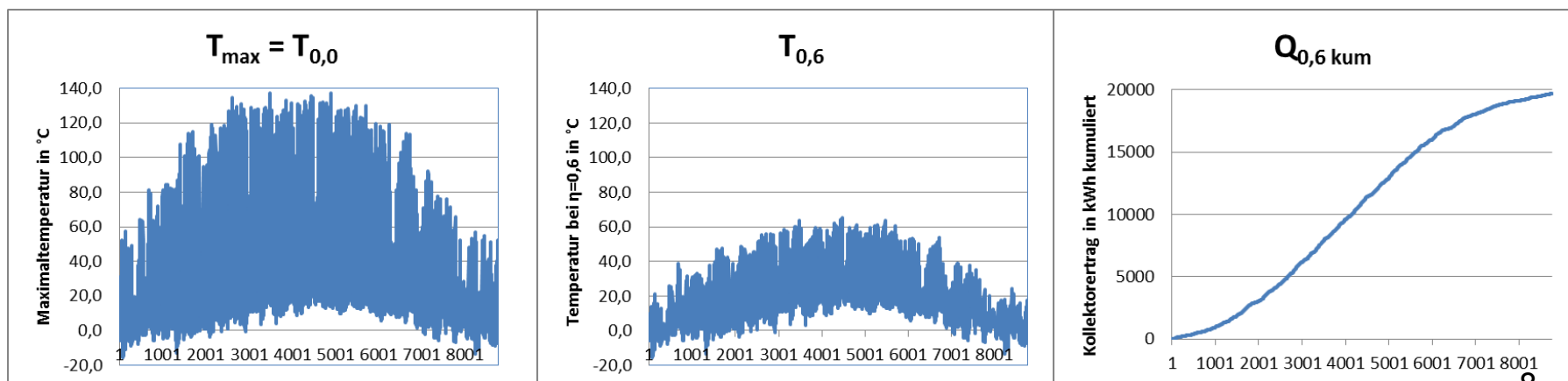
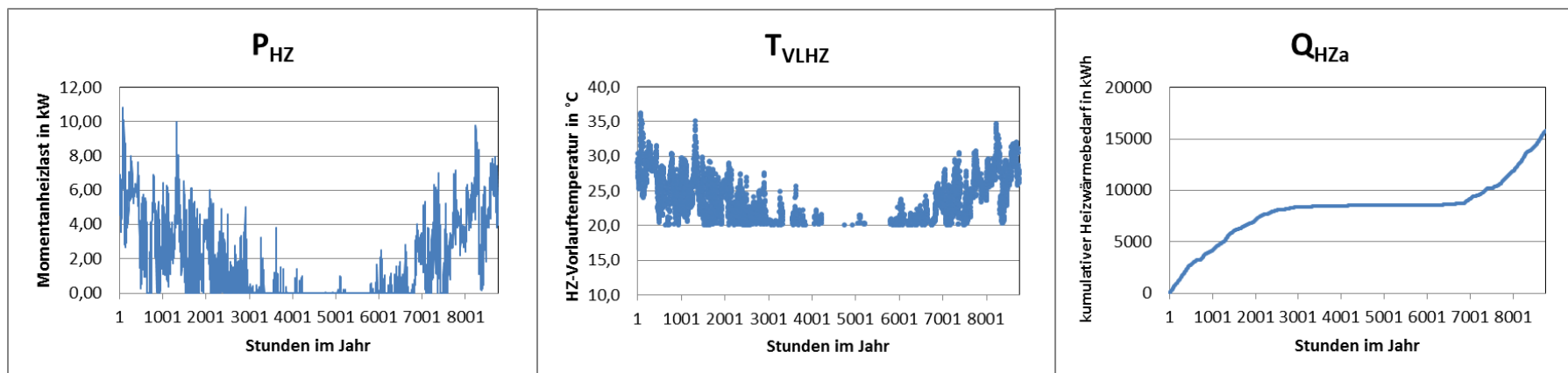
- Testlauf Sondenfeld
- 3D Betrachtung (erste Tests)

DHI-Wasy FEFLOW™

- 3D Betrachtung Sondenfeld
- Verknüpfung mit TRNSYS?

Wärmenachfrage und Bereitstellung

Modell: Gebäude $P_{HZ}=10\text{kW}$, Solarthermie $A_K=25\text{m}^2$, Bilanz inkl. Q_{BW} ausgeglichen

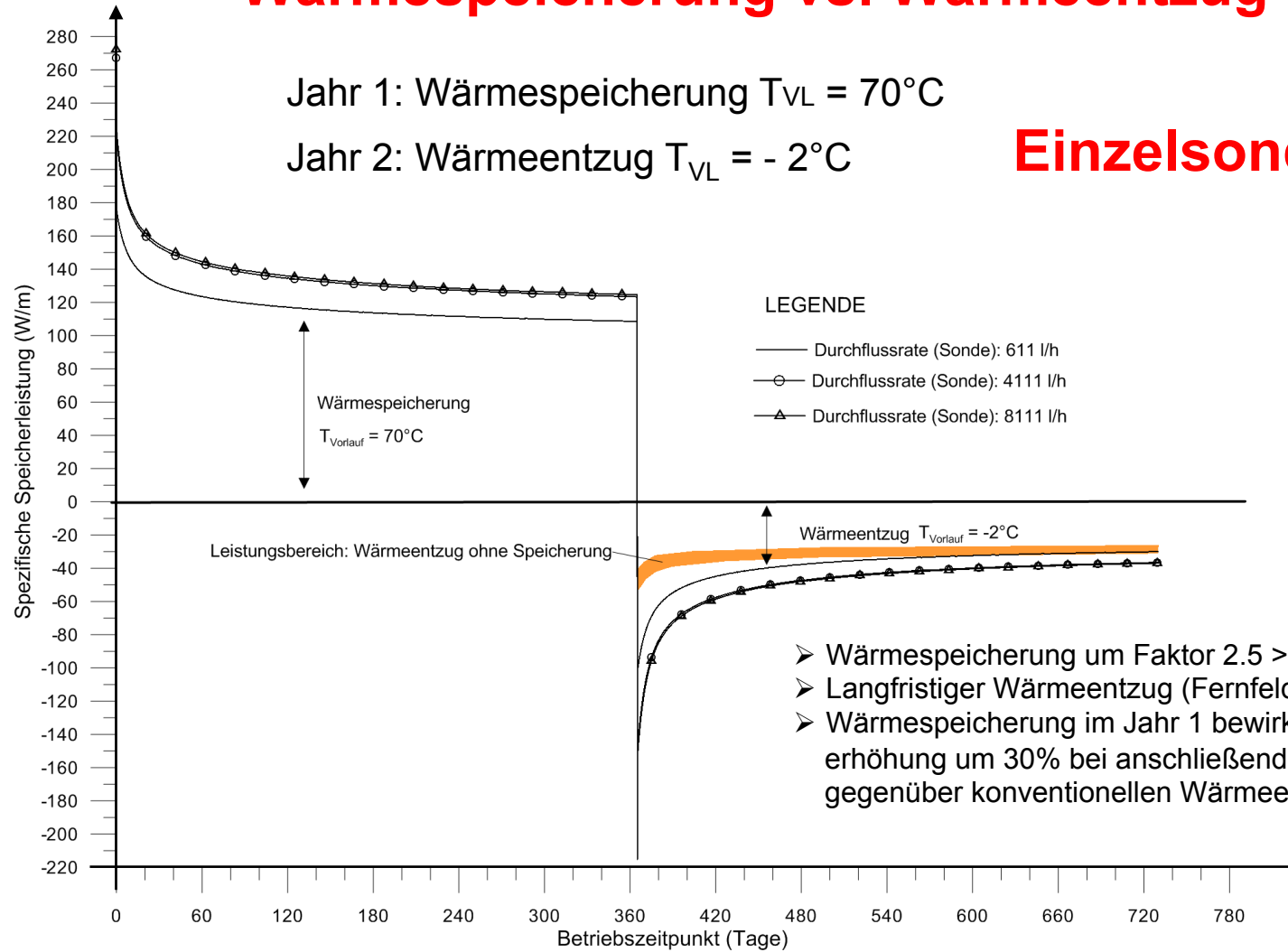


Wärmespeicherung vs. Wärmeentzug

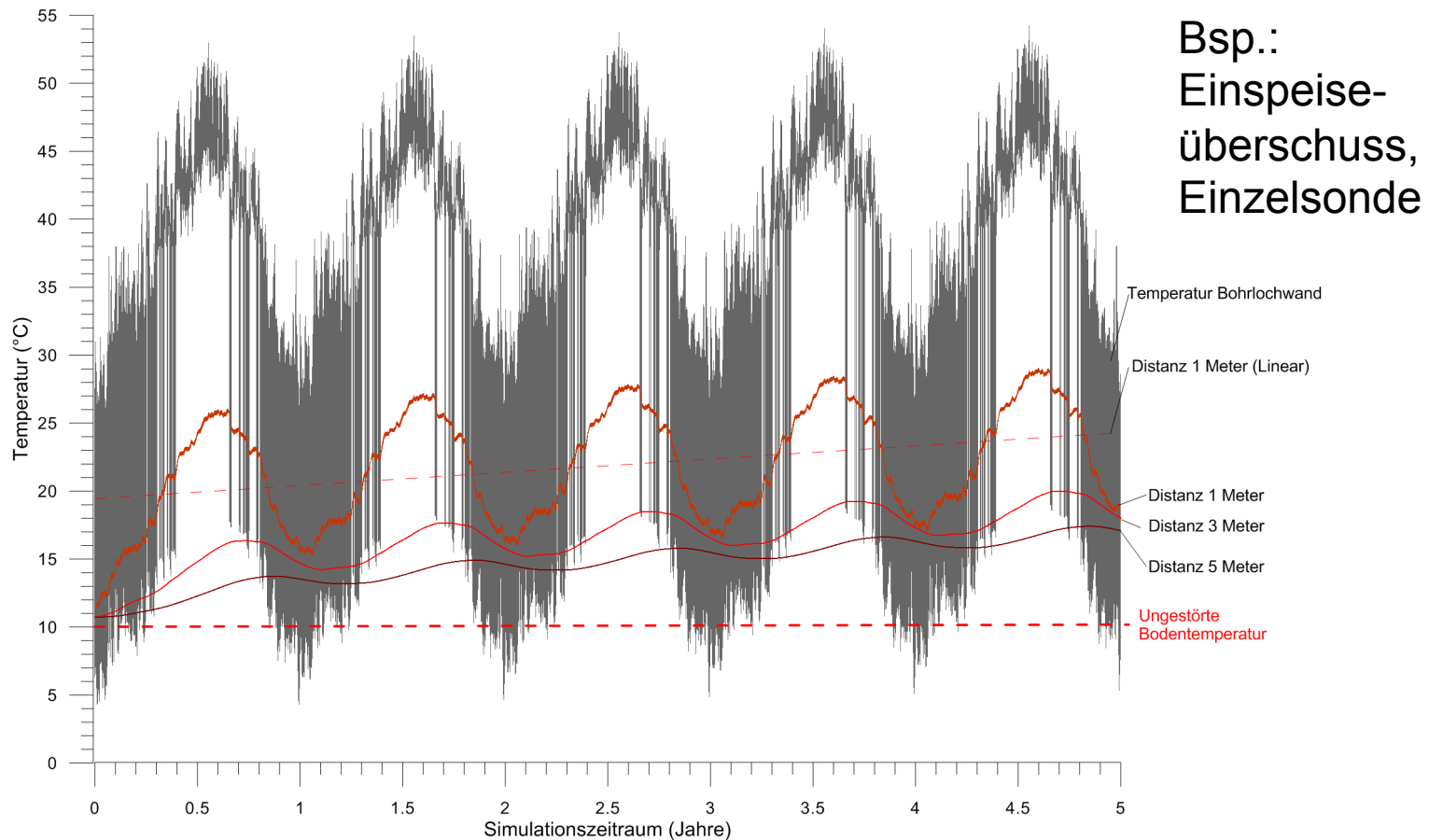
Jahr 1: Wärmespeicherung $T_{VL} = 70^\circ\text{C}$

Jahr 2: Wärmeentzug $T_{VL} = -2^\circ\text{C}$

Einzelsonde!



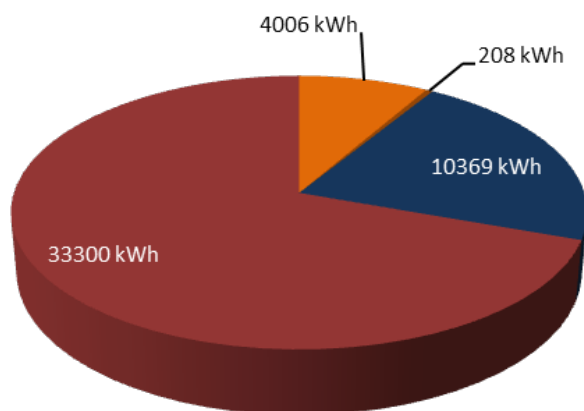
Temperaturen im sondennahen Bereich



- Wechselbetrieb Wärmespeicherung - Wärmeentzug, 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.

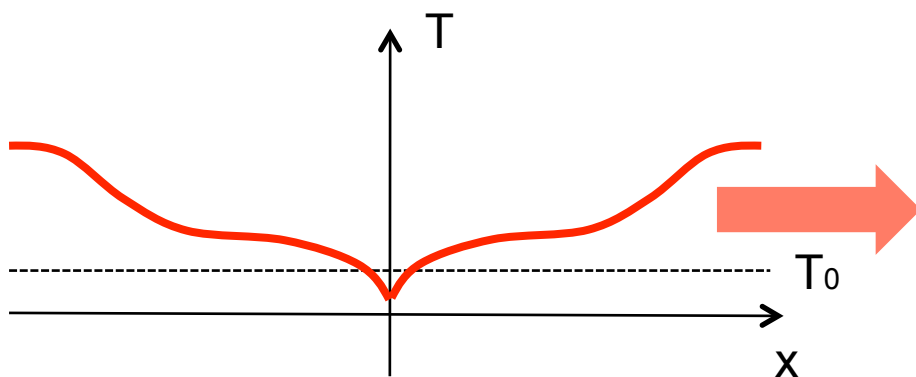
Speicherwirkungsgrad Einzelsonde gering!

Bilanz: Simulationsjahr 5



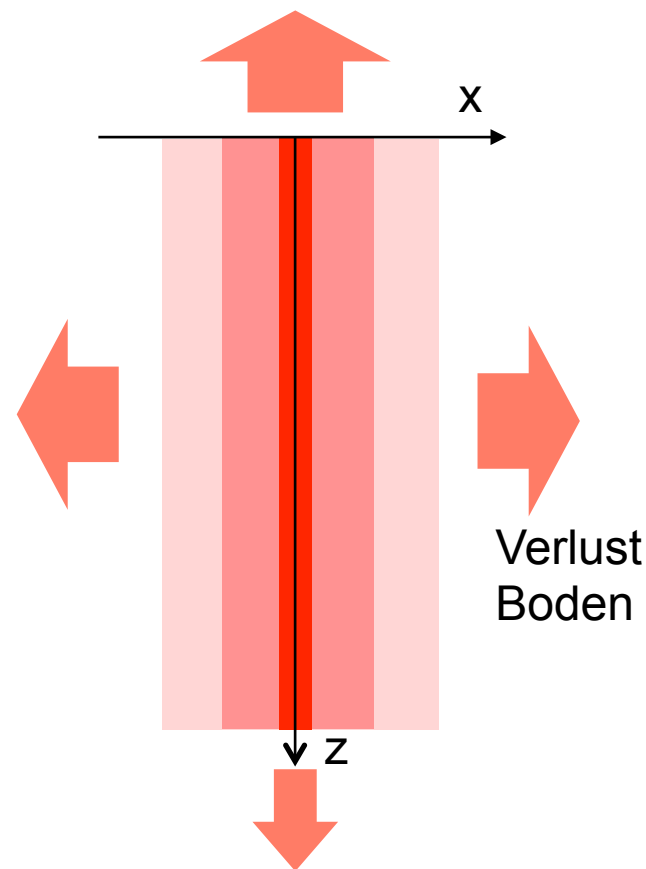
$$\eta_{Sp} = 21\%$$

- Verlust Oberfläche
- Verlust Sohle
- Entzug
- Verlust Boden



ablaufende saisonale Wärmewelle

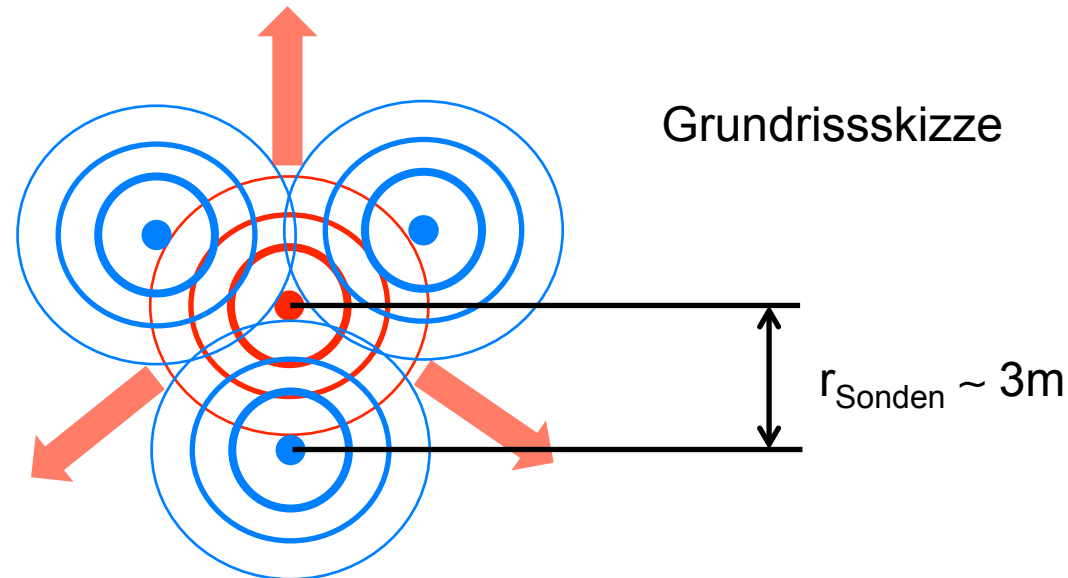
Verlust Oberfläche



Verlust Sohle

Lösung: Sondenfelder

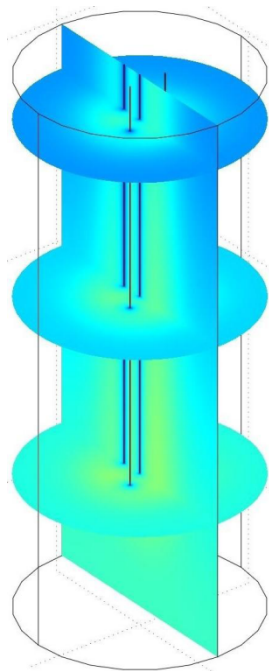
Minimal: 1 Lade- u. 3 zusätzliche Entladesonden



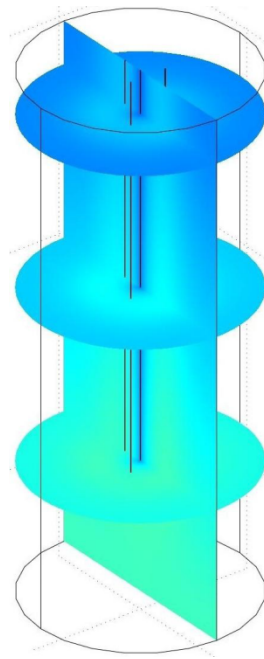
Wesentliche Erkenntnisse:

- Verhältnis Lade- zu Entladesonden: ca. 1:3
- Optimaler Sondenabstand: ca. 3 Meter d.h. unproblematisch
- Gesamt-Speicherwirkungsgrad: sehr hoch ($>0,8$)
- Hohes Potenzial in der Optimierung der Be- u. Entladestrategien
- Weitere Verbesserungen durch vertikale Geometrie und Isolation

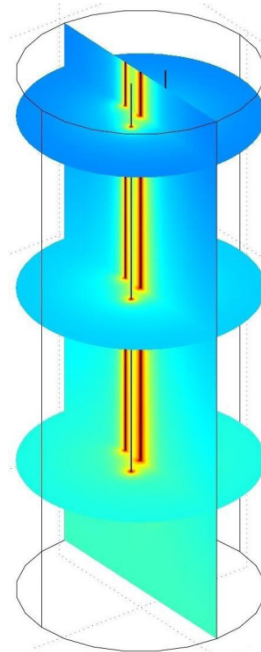
Simulation des Untergrundes (Jahresgang eines 4-Sonden Feldes)



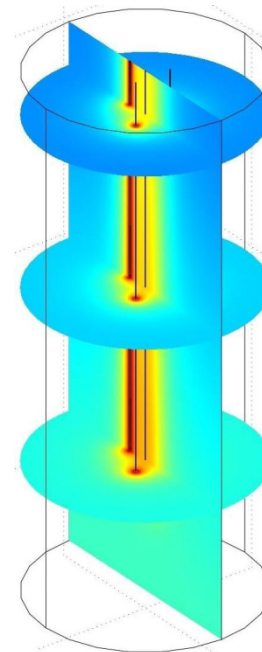
1. Jänner



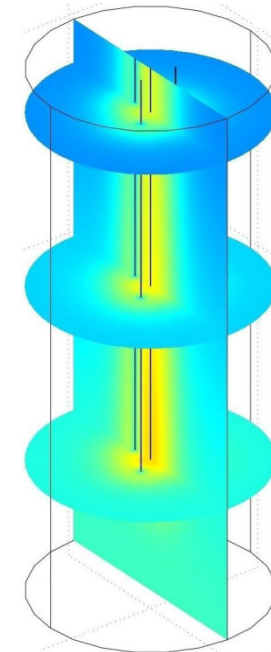
14. März



26. Mai



7. August

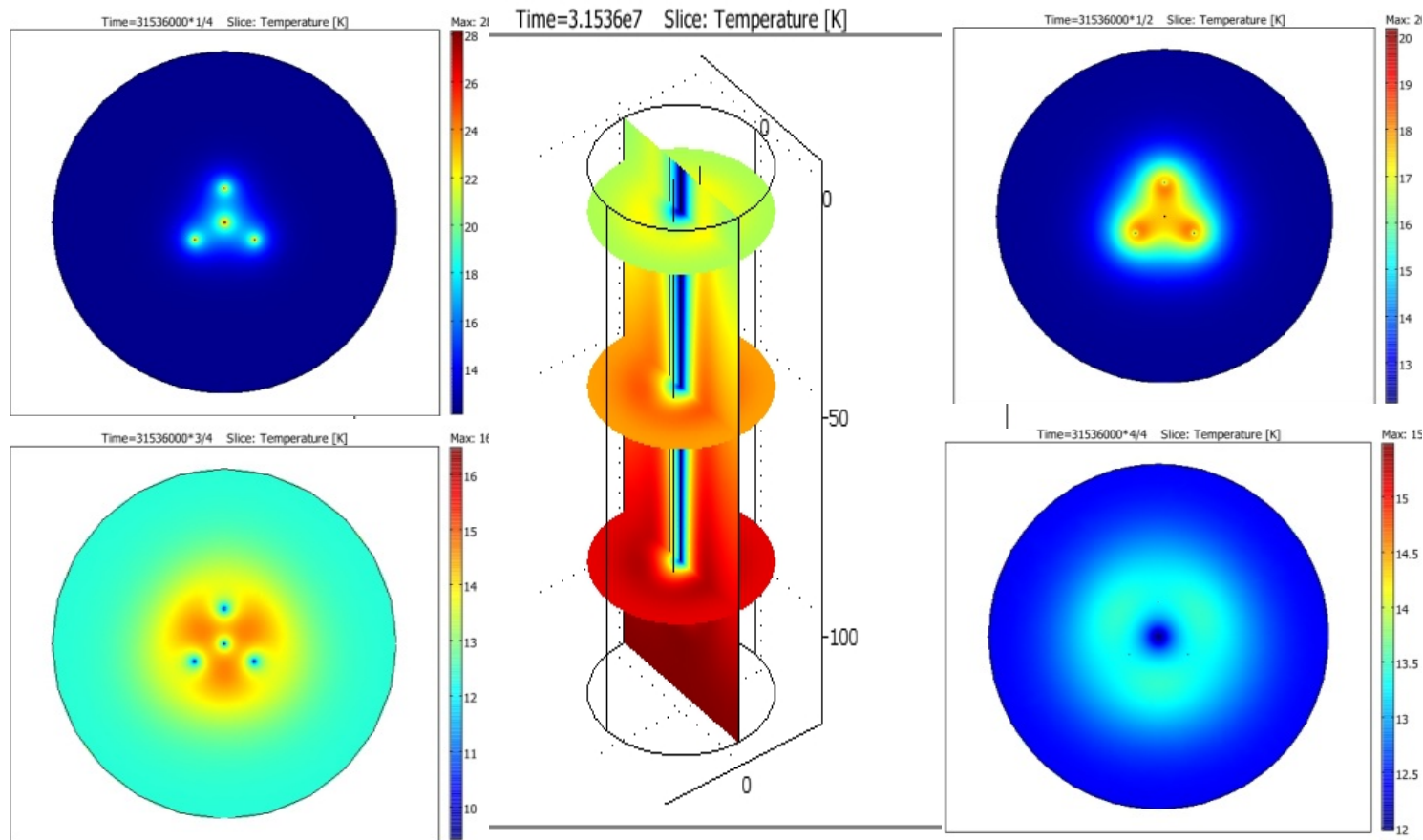


19. Oktober

Simulation des Untergrundes (Jahresgang eines 4-Sonden Feldes)

1. April

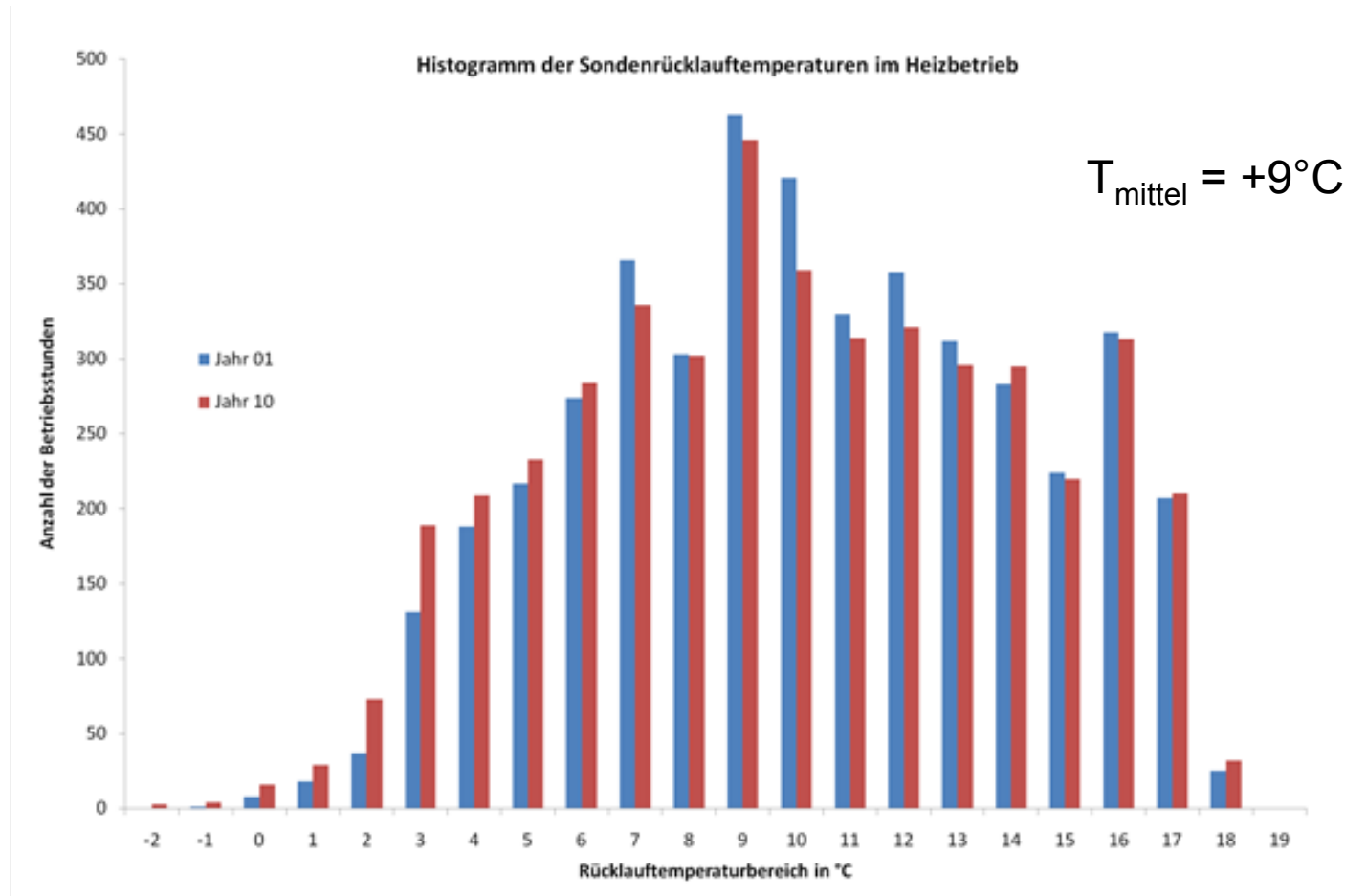
1. Juli



1. Oktober

1. Jänner

Charakteristik der Wärmequelle



Histogramm der Temperaturniveaus am Rücklauf der Sonde nach einem und 10 Betriebsjahren.

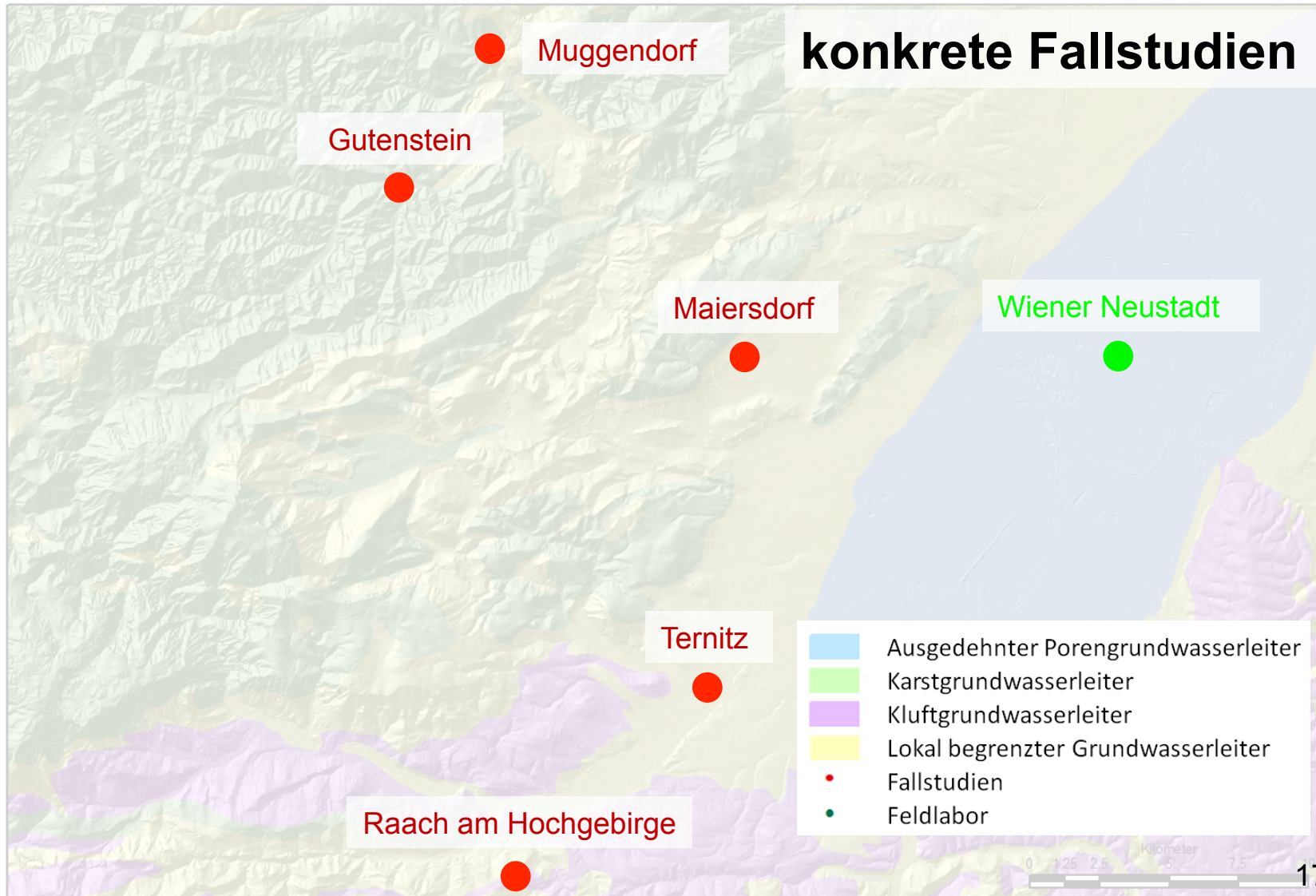
Wirtschaftlichkeit statisch

4 Gebäude, $\Sigma A_{BGF}=850\text{m}^2$, $\Sigma P_{HL}=38\text{kW}$, $\Sigma Q_{tot}=71 \text{ MWh}_{\text{therm}}/\text{a}$

Position	Einheit	GEOSOL	dezentraleÖl-ZH
Wärmenetz (100m) Invest	Euro	31.000	
Wärmepumpe (60 kW) Invest	Euro	14.233	
Solarthermie (100m ²) Invest	Euro	28.000	
Sonden (4x120m) Invest	Euro	26.400	
Ölkessel (4 Stk.) Invest	Euro		24.000
Öltanks (4 Stk.) Invest	Euro		4.000
Stromkosten (WP, P _{netz} , Brenner)	Euro/a	1.836	269
Ölkosten	Euro/a		7.366
Investitionen total	€	99.633	28.000
Betriebskosten pro Jahr	€/a	1.836	7.635
Gesamtkosten pro Jahr (20a)	€/a	6.818	9.035
Spez. Wärmepreis pro MWh	€/MWh	96,0	127,3

Achtung: Strompreis (130€/MWh_{EE}) u. Ölpreis (83€/MWh_{EE}), jeweils exkl. Ust., als konstant angenommen!

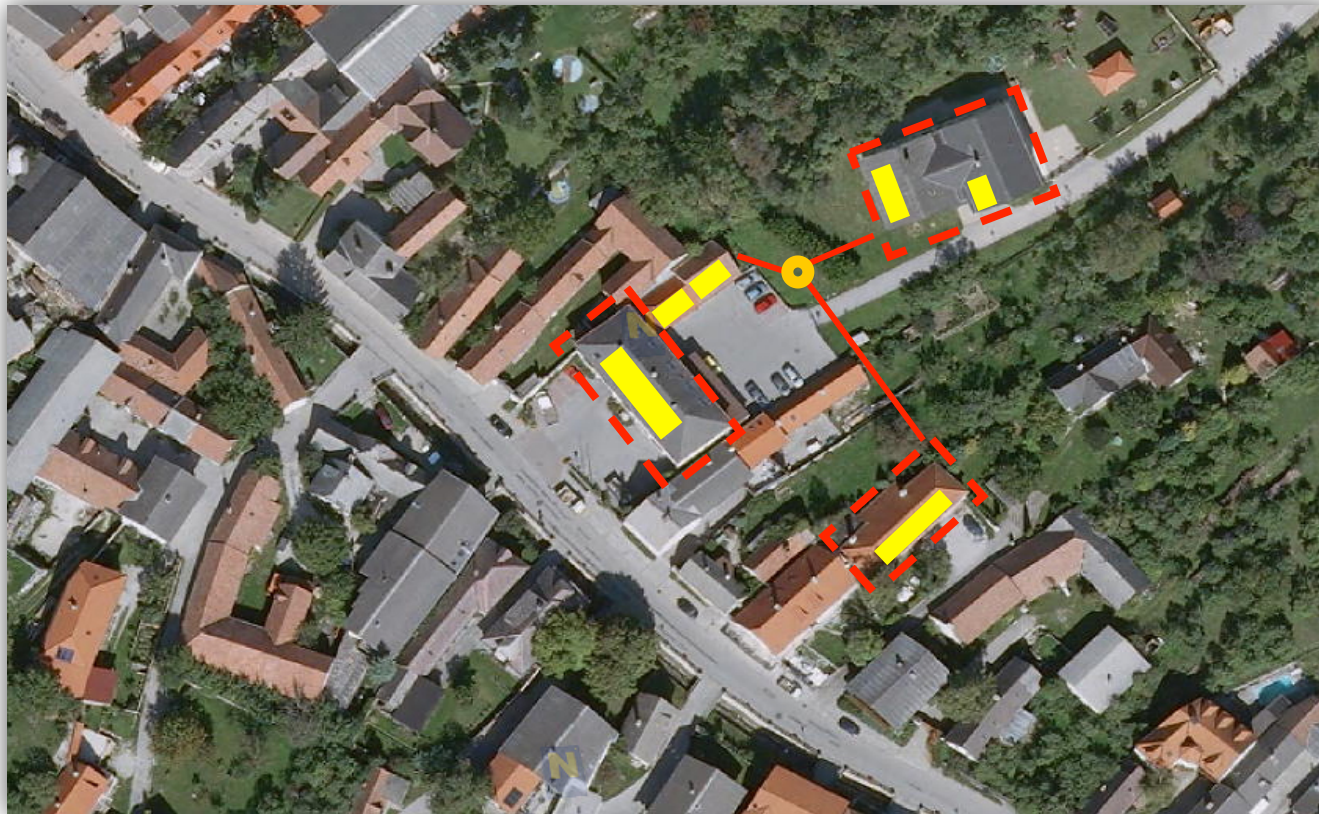
Quelle: Geologische Bundesanstalt



Beispiel konkrete Fallstudie

Gemeinde Hohe Wand

Luftbild: NÖ Landesregierung, NÖ-Atlas



Vorläufige Ergebnisse und Schlussfolgerungen (1):

- **Geeignete Gebäudestrukturen: NT-WVTS mit nicht zu geringem Wärmebedarf (großvolumig oder dichtes Mikronetz).**
- **Horizontale Erdkollektoren sind für die saisonale Speicherung ungeeignet (Oberflächenverluste).**
- **Die Beladung eines SONDENSPEICHERS ist unproblematisch, die Entladung ist die Herausforderung.**
- **Eine thermische Übersättigung des Bohrlochs bei der Ladung tritt nicht auf.**

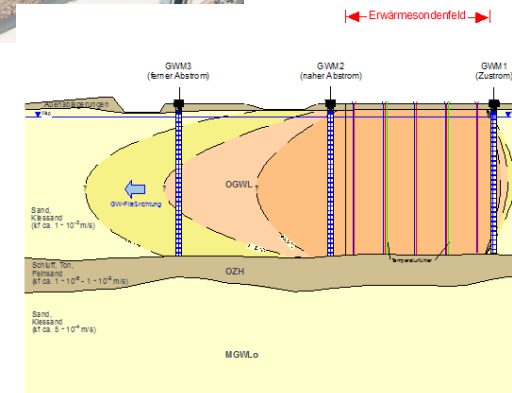
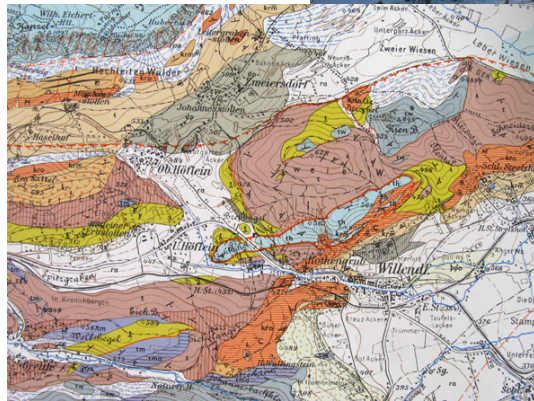
Vorläufige Ergebnisse und Schlussfolgerungen (2):

- Die Speichereffizienz ist bei Einzelsonden gering – Lösung durch Sondenfelder! Platzbedarf unkritisch.
- Dadurch wirtschaftliche Lösungen erst ab einem kritischen Gesamtwärmebedarf möglich.
- 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?!).

Vorläufige Ergebnisse und Schlussfolgerungen (3):

- Die technische Machbarkeit zeichnet sich ab.
- Das GEOSOL-Modellsystem ist wirtschaftlich wettbewerbsfähig (vgl. dezentrale Ölkessel).
- Die Wirtschaftlichkeitsfrage ist durch hohe Investitions- und geringe Betriebskosten gekennzeichnet (mögliches Hemmnis).
- Zumindest 2 Fallstudien sollen in Richtung einer Pilot- u. Demonstrationsanlage weiterentwickelt werden.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



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