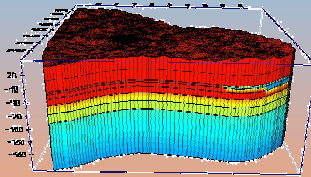


„Thermohydrodynamische Simulation des Betriebes von Erdwärmesondenfeldern auf der Grundlage von 3D-FEM-Untergrundmodellen“



Dipl.-Ing. Björn Oldorf

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



Gliederung

1. Einordnung des Themas
2. Kennzeichen numerischer Berechnungsverfahren
3. Geeignete Simulationsprogramme (Auswahl)
4. Erstellung von 3D-FEM-Untergrundmodellen
5. Praxisbeispiele

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



Firmenportrait

www.hsw-rostock.de
www.responsetest.biz
www.energiepfaehl.com
www.erdwärmesimulation.de



Gründung: 1991 in der Hansestadt Rostock

Schwerpunkte: Grundwasser, Altlasten, Geotechnik

...seit 1995 erste Projekte Geothermie

...heute: Planungen für Geothermie, Solarparks, Energiekonzepte

...seit 2005 Spezialleistung *Geothermal Response Test* und 3D-FEM

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmenutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



Referenzen: Studien, Bemessung und geologische Fachbauleitung von Erdwärmeanlagen

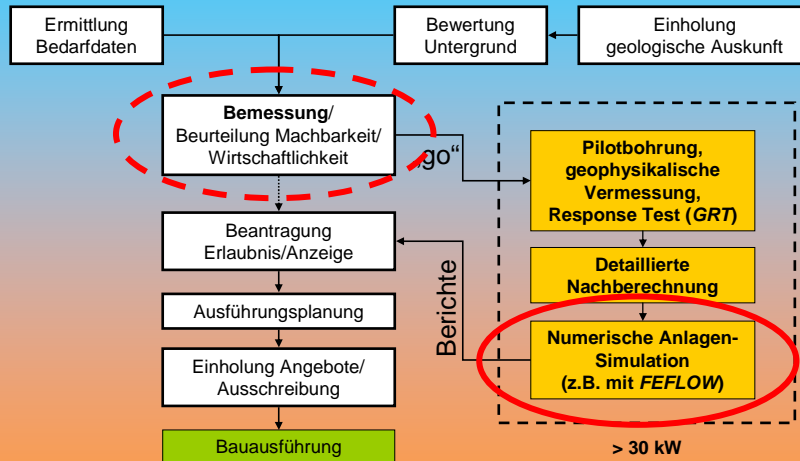
Universitätsbibliothek Rostock (2002)
Produktionshallen EADS Hamburg (2004)
Hanoi National Convention Centre (2005)
Klinikum Waren-Müritz (2006)
Kirov Stadion Zenit St. Petersburg (2007)
UNCC Bonn (2008)
Bundesinnenministerium Berlin (2008)
IHK-Neubau Schwerin (2008-2009)
Stadtschloss Berlin (2010-2011)
Zentrale Medizinische Funktionen Rostock (2011)

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmenutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



1. Einordnung des Themas

Planungsschritte für Erdwärmesondenanlagen



Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



1. Einordnung des Themas

Bemessungsverfahren für Erdwärmesondenanlagen

Gemäß VDI-Richtlinie 4640 für Wärmepumpen-Anlagen bis 30 kW

Heizleistung:

- Vereinfachte Verfahren (Tabellen, Nomogramme, „Handrechenmethode“ nach Linienquellentheorie)

Gemäß VDI-Richtlinie 4640 für Wärmepumpen-Anlagen ab 30 kW

Heizleistung:

- Analytische bzw. seminumerische Verfahren (Berechnungsprogramme z.B. EED, EWS, PILESIM)
- Numerische Verfahren (Simulationsprogramme z.B. FEFLOW, MODFLOW, SHEMAT)

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



1. Einordnung des Themas

Typische Anwendungsmöglichkeiten numerischer Berechnungsverfahren

- Optimierung von komplexen Erdwärmesondenanlagen und Energiepuffelfeldern unter Berücksichtigung der Grundwasserströmung,
- Prognose von Aufsuchungs- und Bewilligungsfeldern für Erdwärme im bergrechtlichen Verfahren,
- Prognose von grundstücksrelevanten Beeinflussungen des Temperaturregimes im Untergrund ("Nachbarschaftsproblematik") durch den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen,
- Ermittlung des Speichernutzungsgrades einer Erdwärmesondenanlage mit (saisonaler) Wärmespeicherung unter Grundwassereinfluss.

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmenutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



2. Kennzeichen numerischer Berechnungsverfahren

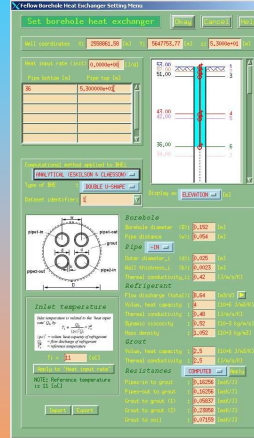
- die Anwendung numerischer Modelle bei der Nachbildung und Prognose von Grundwasserfließbewegungen sowie dem gekoppelten Wärmetransport (sogen. „Thermohydrodynamische Simulation“) entspricht dem „Stand des Wissens und der Technik“ und
- ermöglicht u.a. eine dreidimensionale Prognose der thermischen Auswirkungen von Erdwärmesondenfeldern auf die Gebirgs- bzw. Grundwassertemperatur,
- relativ komplexe Bedienung und Erfordernis detaillierter Fachkenntnisse,
- numerische Berechnungsverfahren erfordern leistungsfähige PC-Hardware für akzeptable Berechnungsgeschwindigkeiten.

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmenutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



3. Geeignete Simulationsprogramme (Auswahl)

- **FEFLOW** 5.4/6.0 (DHI-WASY GmbH), FEM-Lösung, spezielles Erdwärmesonden-Modul vorhanden,
- **MODFLOW** (Schlumberger Water Services), FDM-Lösung,
- Weitere: **HST3D** (U.S. Geological Survey), **SHEMAT** (Clauser, Christoph).



Eingabemaske „bhe-Modul“
Feflow 5.4/6.0

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



4. Erstellung von 3D-FEM-Untergrundmodellen

Grundsätze (Auswahl)

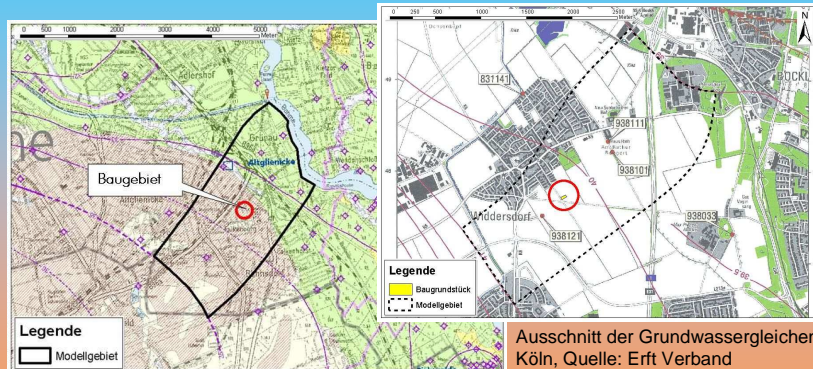
- Die Güte des Grundwassermodells wird im Wesentlichen von den verfügbaren geologischen/hydrogeologischen Eingangsdaten bestimmt.
- Das Vorhandensein bereits realisierter benachbarter Erdwärmesondenfelder oder Brunnenanlagen sollte vor der Modellerstellung geprüft werden.
- „So genau wie nötig, so einfach wie möglich“; im Rahmen der Modellerstellung auf die konkrete Fragestellung fokussieren.
- Das numerische Untergrundmodell sollte anhand der Modelldokumentation reproduzierbar sein.
- Modellergebnisse stets plausibilisieren bzw. kritisch vergleichen.
- Zukünftige Veränderungen des dem Modell implizierten Grundwasserfließregimes sind nicht auszuschließen.

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



4. Erstellung von 3D-FEM-Untergrundmodellen

Festlegung des Modellgebietes u.a. auf der Grundlage hydrogeologischer Karten



Ausschnitt der Grundwassergleichenkarte
Berlin Stand 2009, Quelle: Senatsverwaltung

Ausschnitt der Grundwassergleichenkarte
Köln, Quelle: Ert Verband

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



4. Erstellung von 3D-FEM-Untergrundmodellen

Recherche der Grundlagendaten

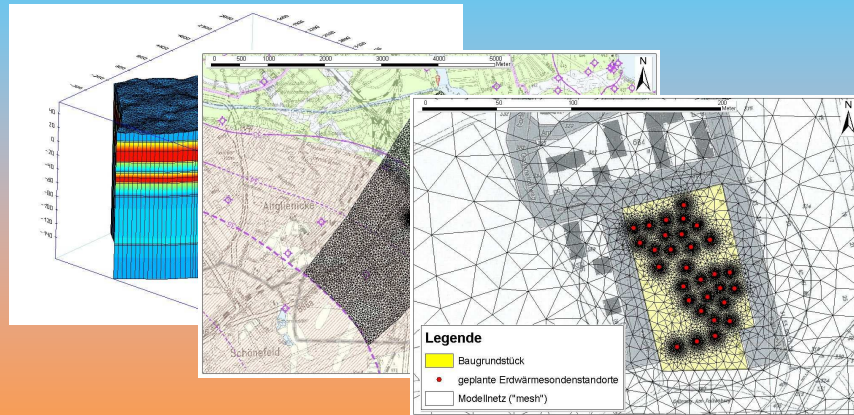
- geologische/hydrogeologische Eingangsdaten für den Bereich des festgelegten Modellgebietes (u.a. geologische Schnitte, Bohrprofile, Pegelstände, Geophysik),
- Erhebung wichtiger Substratkenngößen (u.a. kf-Werte, Porosität),
- Ermittlung/Abschätzung thermophysikalischer Parameter des Untergrundes (Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, ungestörte Untergrundtemperatur) z.B. mittels Geothermal Response Test und Temperaturprofilmessung,
- Vorbemessung des Erdwärmesondenfeldes mit analytischer Geosoftware (z.B. „Earth Energy Designer“) auf der Grundlage des erwarteten mittels Geothermie abzudeckenden Gebäude-Energiebedarfs.

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



4. Erstellung von 3D-FEM-Untergrundmodellen

Generalisierung der hydrogeologischen Modellvorstellung, Parametrisierung und Diskretisierung



Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadhalle Idstein am 17.08.2011

HSW Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

4. Erstellung von 3D-FEM-Untergrundmodellen

Festlegung der hydraulischen und thermischen Randbedingungen, Testläufe und Modellkalibrierung

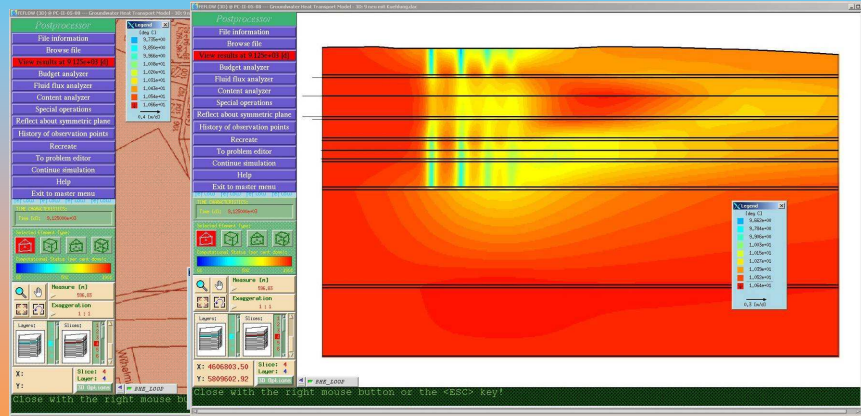


Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadhalle Idstein am 17.08.2011

HSW Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

5. Praxisbeispiele

Beispiel Simulation Berlin „*Neue Gartenstadt Falkenberg*“,
Wohnkomplex mit KITA 166 kW summierte Heizleistung,
115 kW Kühlleistung, 30 Erdwärmesonden mit 99 m Tiefe



Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



5. Praxisbeispiele

Beispiel Simulation Berlin „*Wohnen in den Wannseeegärten*“,
77 Wohnhäuser, 500 kW summierte Heizleistung, 154 EWS mit 99 m Tiefe



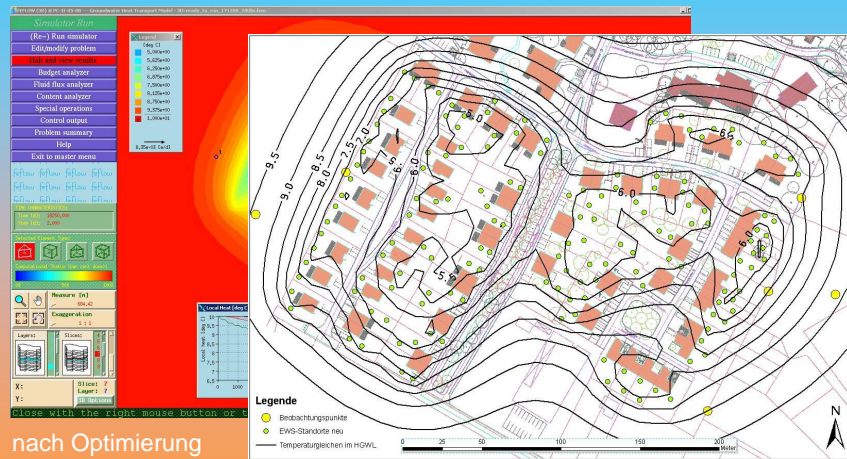
vor Optimierung

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011



5. Praxisbeispiele

Beispiel Simulation Berlin „Wohnen in den Wannseegärten“



Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011

HSW
Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

H.S.W. Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH
Gerhart-Hauptmann-Str. 19
D - 18055 Rostock

Internet: www.hsw-rostock.de
E-Mail: hsw.ingbuero@t-online.de

Fortbildungsseminar im Umweltsektor
„Fachgespräch Erdwärmennutzung in Hessen“
Stadthalle Idstein am 17.08.2011

HSW
Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH