

Kurzfassung des Vortrags zur 5.Fachtagung der WASY GmbH Berlin, 13.11.2002-14.11.2002,
Titel: „Grafikgestützte Grundwassermodellierung“

Einsatz von FEFLOW für die Berechnung des Nutzungspotentials der oberflächennahen Geothermie anhand von Beispielobjekten aus der Stadt Rostock

Dipl.-Ing. Th. Hanschke, H.S.W. GmbH Rostock

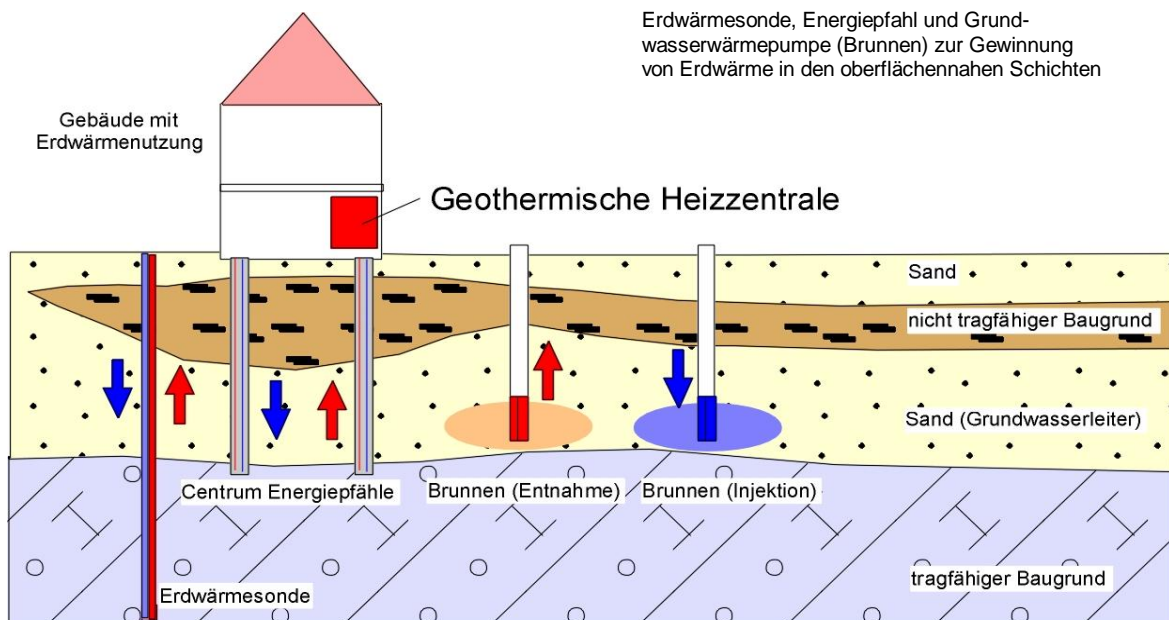
Die Tage des „billigen“ Öls sind gezählt. Aufgrund der stetigen Verteuerung der Primärenergieträger Öl und Gas, der umfangreichen staatlichen Förderung regenerativer Energien und eines deutlich veränderten Umweltbewusstseins der Bauherrschaften ist die Zahl der Neuinstallationen von Erdwärmeanlagen zum Heizen und Kühlen von Gebäuden in Deutschland deutlich steigend. Die Erdwärme in den oberflächennahen Schichten bis ca. 200 m Tiefe (Oberflächennahe Geothermie) wird mit Hilfe einer Wärmepumpe nutzbar gemacht. Im Gegensatz zur Tiefengeothermie ist die Nutzung der Oberflächennahen Geothermie für dezentrale Versorgungslösungen (Wärme und Kälte) einer großen Bandbreite der Bedarfsdaten prädestiniert.

Die Arbeitsgruppe Oberflächennahe Geothermie der H.S.W. GmbH beschäftigt sich seit mehreren Jahren intensiv mit der Erarbeitung und Fachbetreuung standortangepasster wirtschaftlicher und betriebssicherer Lösungsvarianten zur nachhaltigen und schutzgutneutralen Nutzung der oberflächennahen geothermischen Ressourcen in Norddeutschland.

Erdwärmesonden, Energiepfähle oder Brunnen (siehe Grafik) „gewinnen“ die Erdwärme,

Grafik:

Erdwärmesonde, Energiepfahl und Grundwasserwärmepumpe (Brunnen) zur Gewinnung von Erdwärme in den oberflächennahen Schichten



**Kurzfassung des Vortrags zur 5.Fachtagung der WASY GmbH Berlin, 13.11.2002-14.11.2002,
Titel: „Grafikgestützte Grundwassermodellierung“**

welche dann in der Geothermischen Heizzentrale mit Hilfe einer Wärmepumpe auf ein Temperaturniveau von ca. 28-35 C° gebracht wird. Im Sommer kann die konstante Erdreichtemperatur (ca. 10 C°) auch sehr wirtschaftlich zur direkten Kühlung genutzt werden. Durch wechselseitigen Betrieb (Heizen und Kühlen) sowie die Nutzung bauteilaktivierter Flächen (Decken, Wände, Fußboden) ist eine erhebliche Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades von Erdwärmeanlagen gegeben. Diese neue Technik trägt zur Vermeidung des klimaschädigenden Treibhausgases CO₂ bei und minimiert die Betriebskosten für das Heizen und Kühlen von Gebäuden.

In Norddeutschland ist in den oberflächennahen Schichten ein "normal" ausgeprägter geothermischer Gradient mit durchschnittlich folgendem Temperaturregime anzutreffen (IFFLAND & LÜCKSTÄTT, 2001):

0-100 m	9-11 ° C
>100 m	>11 ° C.

Unterschiede der geothermischen Ergiebigkeit der Wärme- bzw. Kältequellen resultieren im wesentlichen aus den unterschiedlichen thermohydrodynamischen Eigenschaften der pleistozänen Grundwasserleiter (Sande bis Kiese) bzw. Grundwassergeringleiter (Geschiebemergel, Ton-Schluff-Komplex, organogene Ablagerungen).

Simulation oberflächennaher geothermischer Systeme mit FEFLOW 5

Bei den Systemvarianten der oberflächennahen geothermischen Nutzungen müssen für die Bemessung der Quellenanlagen sowohl Vorgänge der Wärmeleitung (Gesteinsmatrix/Porenwasser) als auch des Wärmetransports (Grundwasser), die Anordnung der Quellenanlage(n) (u.a. gegenseitige Beeinflussung) und das Betriebsregime Berücksichtigung finden (VDI-Richtlinie 4640). Zur Nachbildung der dynamischen Speicher- und Transportvorgänge verwenden die Fachplaner spezielle analytische bzw. numerische Computermodelle (u.a. EED 2.0, Hst3d, FEFLOW FMH3).

Die thermohydrodynamische Simulation mit numerischen Modellen ist für mittlere bis größere Erdwärmesondenfelder, Energiepfahlanlagen und Grundwasserwärmepumpen Stand der Technik (u.a. Empfehlung in der VDI-Richtlinie 4640). Aufgrund der realisierbaren hohen zeitlichen und räumlichen Diskretisierung weisen numerische Modelle gegenüber analytischen Lösungsverfahren bei der Bemessung der Quellenanlagen erhebliche Vorteile auf. Nur wenige spezialisierte numerische Modelle berücksichtigen sowohl Wärmeleitung der Matrix als auch Wärmetransport mit dem Grundwasser (FEFLOW FMH3, Hst 3d).

Im Arbeitsbereich Oberflächennahe Geothermie der H.S.W. GmbH Rostock hat sich FEFLOW (FMH3) als gekoppeltes numerisches Grundwasser-/Wärmestrommodell für die Konzeption von mittleren und großen Anlagen aus folgenden Gründen durchgesetzt:

1. der Schwerpunkt der Investition bei der oberflächennahen geothermischen Nutzung liegt bei der Errichtung der Quellenanlage (Beispiel: die Herstellung von 1 m Erdwärmesonde kostet ca. 40-50 €). Mit numerischen Grundwasser-

**Kurzfassung des Vortrags zur 5.Fachtagung der WASY GmbH Berlin, 13.11.2002-14.11.2002,
Titel: „Grafikgestützte Grundwassermodellierung“**

- /Wärmestrommodellen können erhebliche Investmittel im Zuge der Anlagenoptimierung eingespart werden (Verhinderung der Überbemessung der Quellenanlagen).
2. Bemessungen mit numerischen Grundwasser-/Wärmestrommodellen ermöglichen ein maximal erreichbares Maß an Versorgungssicherheit (Verhinderung der Unterbemessung der Quellenanlage).
 3. Der Einfluss der Grundwasserströmung auf die Wärme- bzw. Kälteleistung der Quellenanlage sowie den Speichernutzungsgrad kann verantwortungsvoll abgeschätzt werden. Einsparpotentiale durch die Berücksichtigung der Grundwasserströmung (zusätzlicher Wärme- bzw. Kältetransport) für überwiegenden Heiz- oder Kühlbetrieb können nachgewiesen werden.
 4. Durch die flexible Gestaltung von Erdwärmesonden/Energiepfahlfeldern können unregelmäßige Geometrien berücksichtigt werden. Dynamische Lade- bzw. Entladeprozesse (Tageszyklen) sowie inhomogene Lagerungsverhältnisse und Strömungsfelder sind darstellbar.
 5. Für mittlere und große Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie (>20 kW) wurden bisher von den Genehmigungsbehörden grundsätzlich numerische Modellstudien zur Darstellung der Beeinflussung des thermischen Regimes des Untergrunds bzw. tangierter Grundwasserleiter gefordert.

Im Ergebnis eines geothermal response Tests („Wärmepumpversuch“) und der numerischen Modellierung sind Optimierungen großer Erdwärmesondenanlagen um bis zu 30 % möglich (u.a. Objekt Universitätsbibliothek Rostock, Bericht Nr. 2, H.S.W. GmbH 2001).

In bisherigen Anwendungen haben sich die finanziellen Aufwendungen für die Erstellung numerischer thermohydrodynamischer Modelle durch investitionsseitige Kostenreduzierungen zum Teil mehrfach amortisiert. Die klassischen CFD-Modelle der industriellen Anwendungen sind aufgrund der zeitaufwendigen Gittergenerierung und der fehlenden Implementierung geologisch-hydrogeologischer sowie bodenphysikalischer Modellparameter nur bedingt für die Umsetzung der genannten Aufgabenstellungen geeignet.

Ausgewählte Projekte in der Stadt Rostock mit Einsatz von FEFLOW 5

- Optimierung des Sondenfeldes Erdwärmesondenanlage Neubau d. Universitätsbibliothek Rostock, Nachweis von Leistungsreserven des Sondenfeldes, Prognose der thermischen Beeinflussung des lokalen Grundwasserleiters im Rahmen des Nachweises der Umweltverträglichkeit,
- Studie zur Abschätzung der geothermischen Ergiebigkeit des Energiepfahlsystems Businesscenter Silohalbinsel Rostock Stadthafen (DEUTSCHE IMMOBILIEN AG) siehe Abbildung,
- Dublettenanlage (Brunnenanlage) Rostock Gartenstadt im Rahmen der Beantragung der Wasserrechtlichen Genehmigung.

**Kurzfassung des Vortrags zur 5.Fachtagung der WASY GmbH Berlin, 13.11.2002-14.11.2002,
Titel: „Grafikgestützte Grundwassermodellierung“**

Fazit

Durch den Einsatz von FEFLOW 5 (FMH3) konnte eine erhebliche Verbesserung bei der Bemessung oberflächennaher geothermischer Versorgungslösungen in Effizienz und Qualität erreicht werden. Für mittlere und größere Anlagen der oberflächennahen Geothermie sind zur Prognose der Beeinflussung des thermischen Regimes genutzter bzw. potentiell genutzter Grundwasserleiter numerische Modellstudien mit spezialisierten Programmen (u.a. FEFLOW 5, FMH3) unerlässlich.

Literatur/Quellen

Diersch, H.J.G. *FEFLOW 5- User's Manual*. WASY GmbH, Berlin 2002

Iffland & Lückstädt *Hydrodynamische Charakterisierung der in der HK 50 ausgewiesenen Grundwasserleiter (Geologischer Dienst Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, 2000*

Hanschke, Th. „GIS basierte, schutzgutbezogene Ausweisung Oberflächennaher Geothermischer Ressourcen in Mecklenburg-Vorpommern“ *Informationsveranstaltung „Oberflächennahe Geothermie“*, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V, Güstrow, 26.03.2001

Kaiser, H. & Dähne M. *Zwischenbericht zur thermohydrodynamischen Simulation des Erdwärmesondenfeldes Bauvorhaben Neubau Universitätsbibliothek Rostock. Februar 2002*

Hanschke Th. & Kaiser, H. *Ergebnisse der Simulation eines Energiepfahls für die Bedingungen des Baufeldes Stadthafen Rostock. Anlage zum Gutachten „Bemessung der Energiepfahlanlage Silohalbinsel“, Rostock 28.01.2002*

VDI 4640 *Thermische Nutzung des Untergrundes Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte*

Abbildung

Prognose der thermischen Beeinflussung des Untergrundes durch einen 19 m langen Energiepfahl für wechselnden Heiz- und Kühlbetrieb (Schnittdarstellung)

