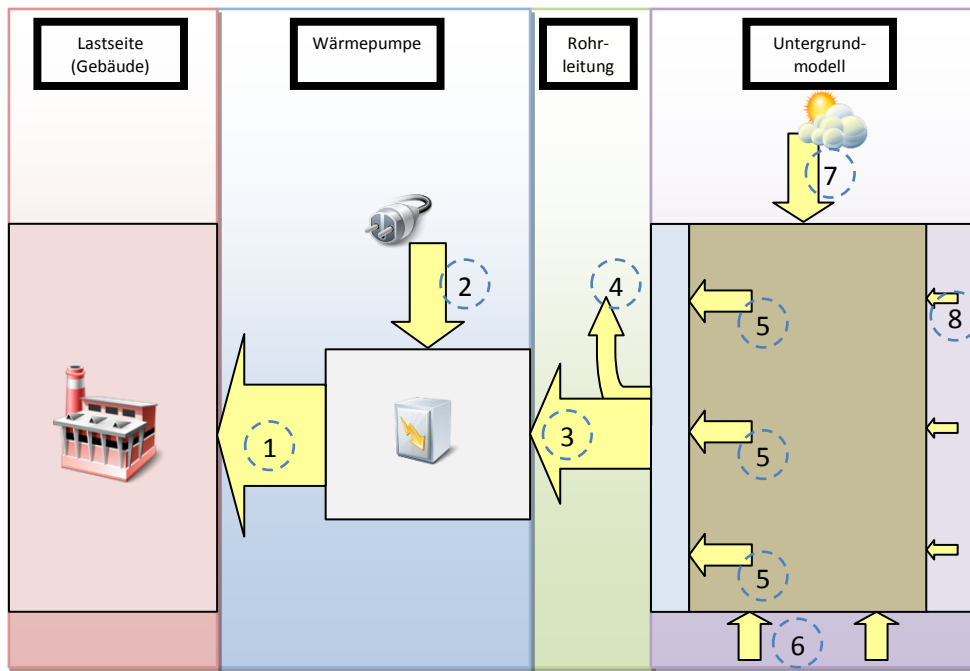


GeoLogik SF

GeoLogik SF ist eine Software zur Modellierung flacher geothermischer Systeme.

Konzeptionelles Modell



In obiger Abbildung sind die Energieströme für den Heizfall als gelbe Pfeile dargestellt. Angegeben wird die Lastseite, d.h. die benötigte Energie in einem gewissen Zeitraum. Der Zeitraum ist typischerweise auf Monatsbasis und spiegelt den Jahreszeitlich variierenden Bedarf wider, z.B., 6000 kWh im Januar, 5000 kWh im Februar usw.

Der Pfeil 1 symbolisiert somit die Energiemenge, die aus der Wärmepumpe für die Beheizung zur Verfügung gestellt wird. Die Wärmepumpe wiederum erhält die Energie zum einen aus dem Stromnetz (Pfeil 2), zum anderen aus dem Fluid (Pfeil 3).

Die Energiemenge die dem Sondenfeld entnommen wird zeigen die Pfeile 3 und 4, wobei Pfeil 4 für die Wärmeverluste im Rohrleitungssystem steht. Diese Energie ist gleich der Summe der Pfeile 5, die die Energiemenge anzeigen, welche vom Untergrund in den Sonden auf das Fluid übertragen wird.

Der Untergrund im Modell wiederum erhält Energie durch den geothermischen Wärmestrom (Pfeil 6) aus dem Erdinneren sowie durch Sonneneinstrahlung bzw. durch Kontakt mit der Atmosphäre (Pfeil 7). Pfeil 8 symbolisiert die Energie, die eventuell über Randbedingungen in das Untergrundmodell einströmt. Da es sich beim Untergrundmodell um einen instationären Ansatz handelt muss die Energiemenge von Pfeil 5 nicht gleich der Summe aus 6, 7 und 8 sein, sondern die „fehlende“ Energie kommt aus der Abkühlung des Gesteinskörpers.

Bilanzgleichung:

$$E_1 = E_2 + E_3 = E_5 - E_4 = -E_4 + E_6 + E_7 + E_8 + E_s$$

$E_{1..8}$ steht dabei für die Energiemengen des oben beschriebenen Systems, E_s für die Speicherung im Gesteinskörper.

Untergrundmodell

Kernstück ist ein 2D Finite-Elemente-Wärmetransportmodell. Dieses berechnet den horizontalen Wärmetransport im Untergrund durch Wärmeleitung (Konduktion), als vertikale Komponenten kommen der geothermischen Wärmestrom (Randbedingung 2.Art) sowie der Kontakt mit der

Atmosphäre (Randbedingung 3.Art) hinzu. Es basiert auf BEAR & VERRUIJT (1987) und LEWIS ET AL. (2004).

Prinzipiell wird das System

$$[K] \{T\} = \{F\}$$

gelöst (LEWIS-Nomenklatur). Dabei ist

[K] : Systemmatrix (stiffness matrix), besteht minimal aus Geometrie und Elementeigenschaften (z.B. Wärmeleitfähigkeit). Hier sind auch die Interpolationsfunktionen N zu finden (i.e. lineare Interpolation zwischen den Nodes, aber auch quadratische Interpolation. Die Größe der Matrix beträgt $n \times n$, (n = Anzahl der Nodes)

{T} : Temperaturvektor, hier stehen die Temperaturen, die in der Regel unbekannt sind.

{F} : Loadvektor, die Wärmeströme in Watt.

Grundwassereinfluss

Grundwasser kann einen bedeutenden Einfluss auf den Wärmetransport im Untergrund haben. Prinzipiell wäre es möglich, separate Modell für Matrix und Grundwasser zu erstellen und zu berechnen. In der Praxis ergeben sich aber einige Hürden, u.a.:

1. Der Wärmeübergangskoeffizient zwischen Matrix und Grundwasser ist unbekannt
2. Eine messtechnische Bestimmung/Validierung der ist nicht möglich: Die Temperatur des Grundwassers kann zwar in einem Brunnen gemessen werden, die Messung der Matrixtemperatur gestaltet sich jedoch schwierig.
3. Durch numerische Dispersion treten in den Modellen Wärmetransporte auf die in der Realität so nicht stattfinden.

In GeoLogik SF wird ein Grundwassereinfluss durch die Eingabe der effektiven Wärmeleitfähigkeiten bzw. Speicherkapazitäten berücksichtigt. In HUBER (2013) finden sich Empfehlungen für entsprechende Faktoren in Abhängigkeit von der Filtergeschwindigkeit.

Sollte ein Thermal Response Test durchgeführt worden sein sind dessen Ergebnisse i.d.R. bereits die effektiven Parameter.

Literatur

Bear, J. & Verruijt, A. (1987): Modeling groundwater flow and pollution.- XIV+413 S., D: Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.

Huber, H. (2013): Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Wärmetransportverhalten oberflächennaher, durchströmter Böden.- 151 S., Mitteilungen des Instituts für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt, 40, TU Darmstadt.

Lewis, R.W., Nithiarasu, P., Seetharamu, K.N. (2004): Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow.- XIV+341 S., John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, England.