

## GeoLogik SF – Validierung des Wärmetransportmodells anhand des geothermischen Wärmestroms

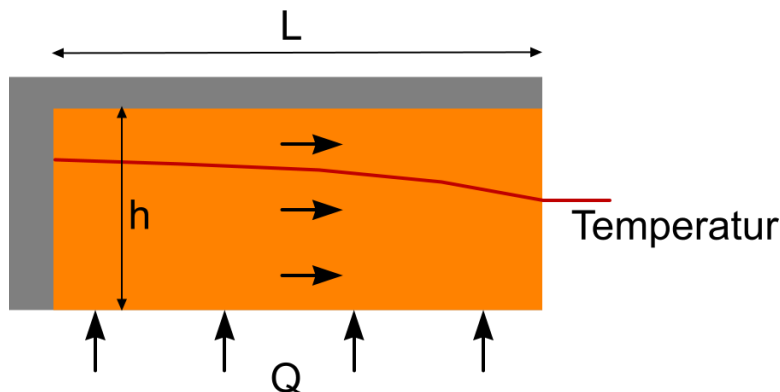
Programmversion: GeoLogik SF 0.93

Beispieldatei: Testfeld geothermischer Wärmestrom.sfm; Instationär geothermischer Wärmestrom.xlsx

Zur Validierung wurde folgendes Szenario durchgerechnet:

Ein homogener und isotroper Wärmeleiter mit konstanter Mächtigkeit  $h$  wird bei  $x=0$  durch einen adiabaten Rand begrenzt. Bei  $x=L$  ist die Temperatur konstant. Es findet keine Wärmeaustausch mit der Oberfläche statt.

Zum Zeitpunkt  $t=0$  beginnt der geothermische Wärmefluss  $Q$ .



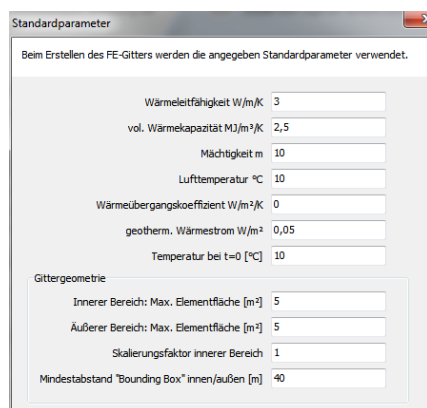
### Modellparameter

Geothermischer Wärmestrom  $Q$ : 0,05 W/m<sup>2</sup>

Mächtigkeit  $h$ : 10 m

Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ : 3 W/m/K

Volumetrische Wärmekapazität  $\rho CP$ : 2,5 MJ/m<sup>3</sup>/K



Länge des Modellgebiets  $L$ : 100 m

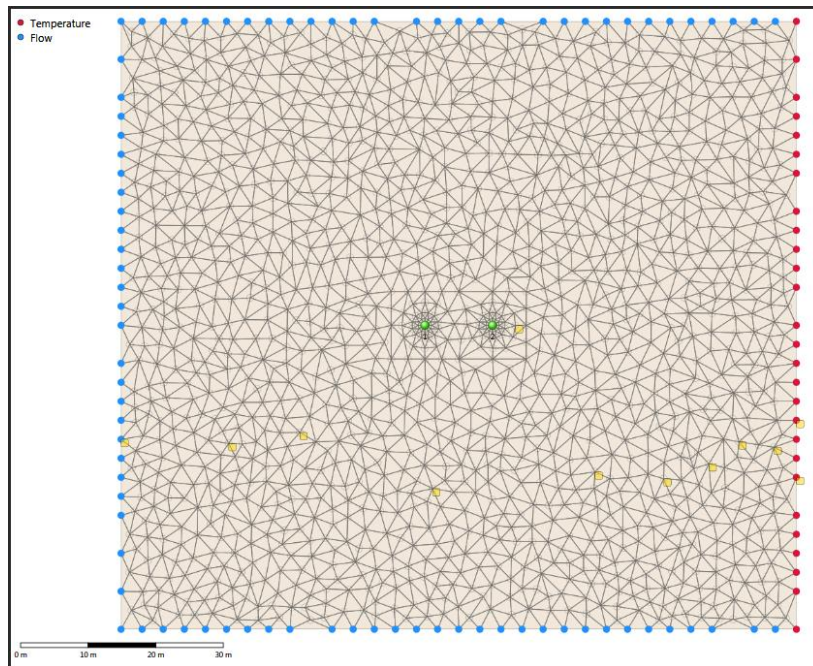
Randbedingungen:

RB 2. Art, Adiabater Rand (no flow) bei  $x=0$  m

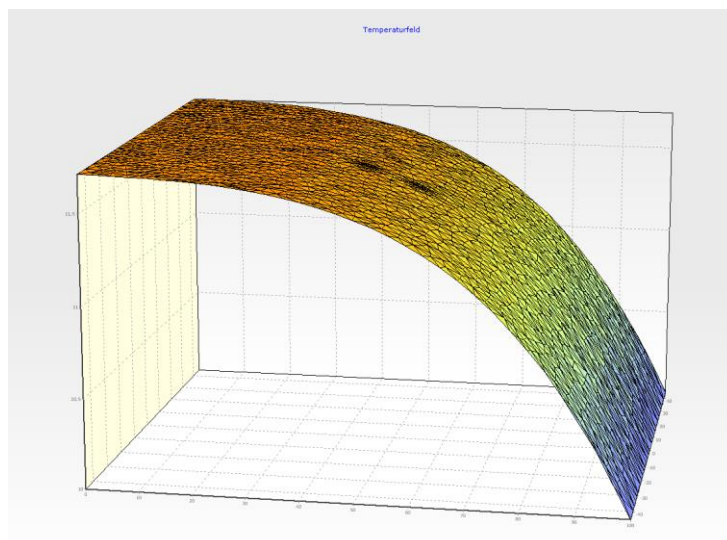
RB 1. Art, Temperatur konstant (10 °C) bei  $x=100$  m

Anmerkung:

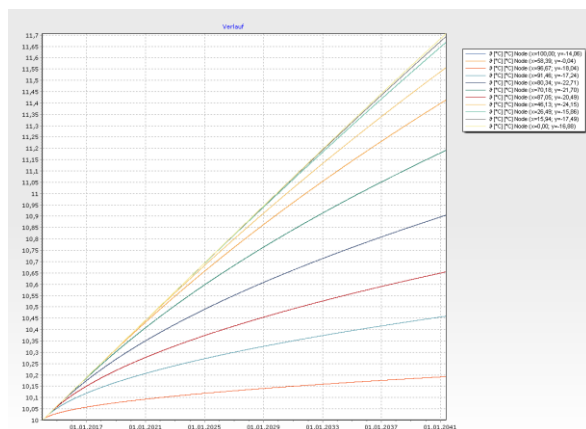
Es handelt sich um ein 1-dimensionales Problem. Aufgrund der automatisierten Grid-Generierung wird in GeoLogik SF jedoch ein 2D-Feld erstellt.



Temperaturfeld nach 10000d:



Verlauf an den POI:



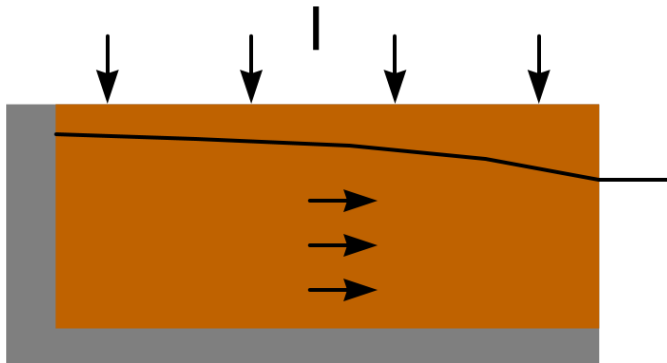
## Analytische Lösung

BEAR & VERRUIJT (1987, p. 280) geben die Lösung für eine analoge Problemstellung in der Hydrogeologie an mit:

$$\phi = \frac{I(L^2 - x^2)}{2T} - \frac{16IL^2}{\pi^3 T} \sum_{k=0}^{\infty} \left\{ \frac{(-1)^k}{(2k+1)^3} \cos \left[ (2k+1) \frac{\pi x}{2L} \right] \exp \left[ -(2k+1)^2 \frac{\pi^2 T t}{4SL^2} \right] \right\}$$

mit

	Grundwasser	Geothermie
$\phi$	Wasserspiegel [m]	Temperatur [K]
I	Infiltrationsrate [m/d]	Geotherm. Wärmestrom [W/m <sup>2</sup> ]
T	Transmissivität [m <sup>2</sup> /d]	Thermischer Leitwert [W/K] = Wärmeleitfähigkeit x Mächtigkeit
t	Zeit seit Beginn der Infiltration [d]	Zeit seit Beginn des geotherm. Wärmestroms [s]
x	Abstand vom undurchlässigen Rand [m]	
L	Gesamtlänge [m]	
S	Speicherkoeffizient [ ]	flächenbezogene Wärmekapazität [J/m <sup>2</sup> /K] = vol. Wärmekapazität x Mächtigkeit



Problemstellung in BEAR & VERRUIJT (1987)

## Vergleich der Berechnungsergebnisse, Bewertung

Wie das zugehörige Spreadsheet zeigt treten nur vereinzelt Differenzen zwischen analytischer Lösung und den Ergebnissen aus GeoLogik SF im Bereich 1/1000 K auf. Die Ergebnisse von GeoLogik SF sind somit korrekt.

	Zeit [d]								
	100			1000			10000		
x [m]	num		analy.	num		analy.	num		analy.
3,33	10,013	0,013	0,013	10,055	0,055	0,055	10,192	0,192	0,193
8,54	10,017	0,017	0,017	10,112	0,112	0,112	10,459	0,459	0,459
12,95	10,017	0,017	0,017	10,140	0,140	0,140	10,655	0,655	0,655
19,66	10,017	0,017	0,017	10,162	0,162	0,162	10,905	0,905	0,905
29,82	10,017	0,017	0,017	10,171	0,171	0,171	11,191	1,191	1,191
41,61	10,017	0,017	0,017	10,173	0,173	0,173	11,413	1,413	1,414
53,87	10,017	0,017	0,017	10,173	0,173	0,173	11,556	1,556	1,556
73,51	10,017	0,017	0,017	10,173	0,173	0,173	11,668	1,668	1,668
84,06	10,017	0,017	0,017	10,173	0,173	0,173	11,694	1,694	1,693
100	10,017	0,017	0,017	10,173	0,173	0,173	11,706	1,706	1,706

## Literatur:

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