

Q(t).xlsx

An Ing. Goebel &lt;info@ing-goebel.de&gt;

Sehr geehrter Herr Goebel,

ich habe die Berechnung des Wärmestroms aus der Bohrlochwand endlich fertig. Das Problem bestand darin, dass die Besselfunktionen nicht für einen Hohlzylinder mit unendlichem Außenradius formuliert werden können. Damit der Wärmeabfluss von der Außenfläche sich nicht in der Rechnung mit dem Wärmeabfluss nach Innen vermischt, habe ich den Außenradius auf 1000 m gesetzt.

Dann macht sich die Temperaturänderung erst nach einigen hundert Jahren soweit ins Zylinderinnere bemerkbar, dass es für die interessierende Zeit keine Rolle spielt.

Um keine Schwingungen der Temperatur als Funktion des Radius zu erhalten, muss man sehr viele Entwicklungskoeffizienten mitnehmen. Die Reihenentwicklung bis zur 300. Ordnung war nicht ausreichend. Erst mit 1000 Summanden wurden die Temperaturfelder so "glatt", wie man es erwartet.

Das Ganze habe ich in Maple berechnet, da diese riesige Anzahl Terme in Excel nicht zu bewältigen ist.

Das Programm in Maple ist als pdf beigelegt.

Die Ergebnisse habe ich in Excel dargestellt.

In Tabelle 2 stehen die Zeiten in Sekunden und zusätzlich in Tagen und Monaten.

zuerst wird der Temperaturgradient (Spalte E) angegeben. Dessen Logarithmus steht in Spalte F und wird gegen den Logarithmus der Zeit (Spalte D) aufgetragen. Der gesamte Verlauf ist in Graphik  $\ln(dT/dr)$  gezeigt.

Der interessierende Bereich ist zusätzlich orange gezeichnet und mit einer Trendlinie angenähert.

$dT/dr = 30,374009 \cdot \exp(-0,16427 \cdot \ln(t[s])) = 30,374009 \cdot t^{(-0,16427)}$

Der Wärmestrom aus der Wand ergibt sich nach Multiplikation mit  $\lambda$  und der Fläche

$Q = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L \cdot \lambda \cdot dT/dr$

Für eine Höhe von 100 m beträgt der Wärmestrom nach 100 Tagen etwa 230 kW.

Für die gesamte Höhe von 1000 m im Salz kommen dann rund 2,3 MW Kühlleistung zusammen.

In der Zeit, in der die Bohrung erstellt wird, ist der Wärmestrom aus der Wand aber viel höher.

Die Bohrmaschine muss also auch kräftig gekühlt werden. Sobald sie eine gewisse Tiefe erreicht

hat, kann über ihr die Verrohrung mit U-Rohren für das Flow-Eis erfolgen.

Diese Rohre müssen dann in gewissen Abständen nach unten verlängert werden, um auch dort zu kühlen.

Dafür müssen sie mit Ventilen abgesperrt werden und weitere Rohrstücke eingefügt werden.

Andernfalls müsste man die gesamte Wassermasse herauspumpen und später wieder einfüllen.

Ich will noch einen richtigen Bericht anfertigen, der das Rechenverfahren erklärt und die Ergebnisse klar darstellt. Das wird aber noch etwas dauern.

Viele Grüße,

Gerhard Herres

--

Dr. Gerhard Herres  
 Institut für Energie- und Verfahrenstechnik  
 Thermodynamik und Energietechnik, E4.338  
 Fakultät Maschinenbau  
 Universität Paderborn  
 Warburger Strasse 100  
 33098 Paderborn  
 Deutschland

tel: +49-5251-60-2418

fax: +49-5251-60-3522

Skype: Gerhard.H.Herres

The Seven Deadly Sins.

Wealth without work,  
 pleasure without conscience,  
 knowledge without character,  
 commerce without morality,  
 science without humanity,  
 worship without sacrifice,  
 and politics without principle.

- MK Gandhi

- 
- Q(t).xlsx (47 KB)
  - Q(t).pdf (372 KB)
  - herres.vcf (329 Byte)