

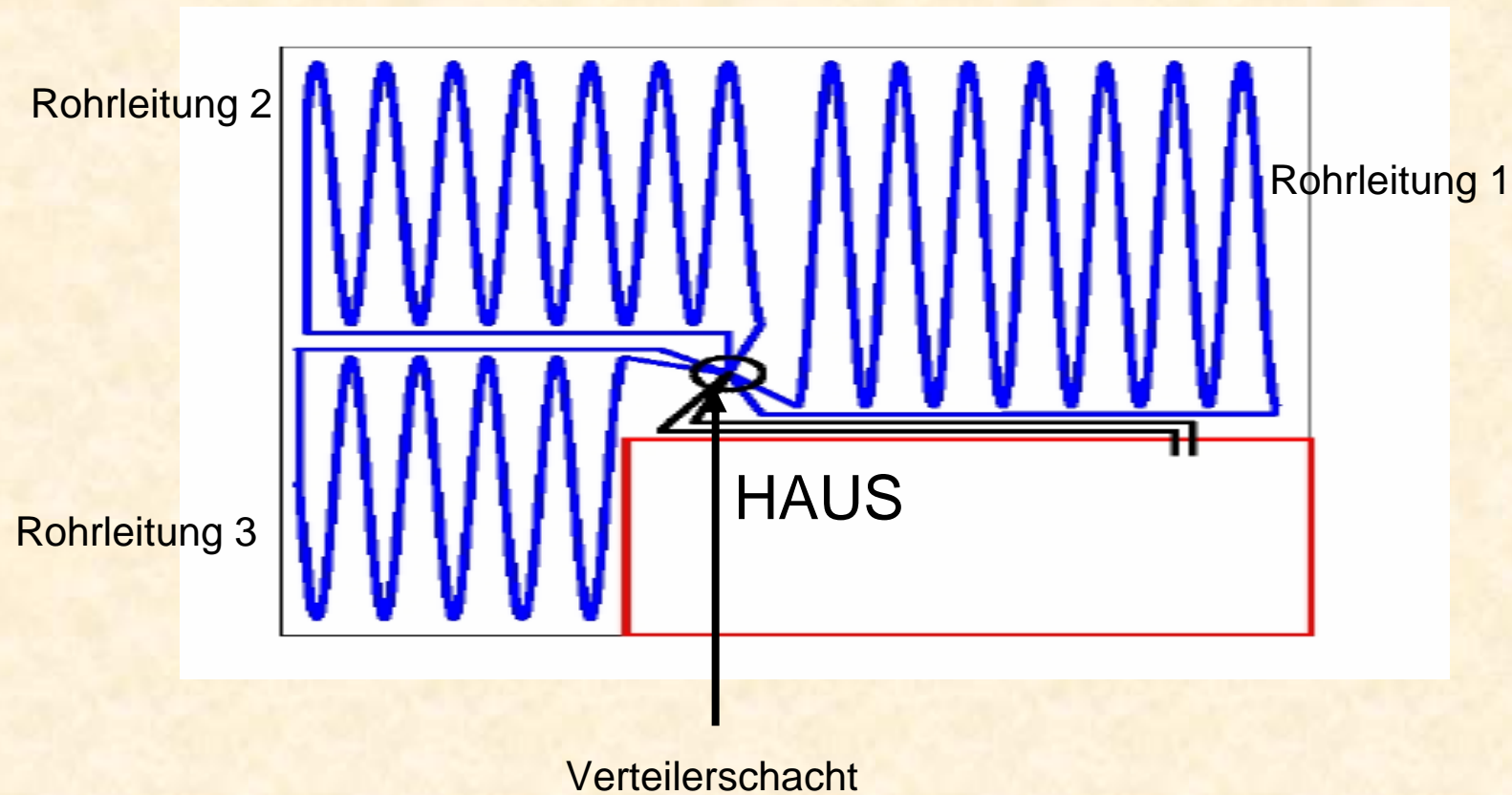
Lösungsansätze nach Installation eines fehlerhaften  
Erdwärmesystems  
(Modellierungstage Seggau)

von  
Reinhard und Elisabeth  
31.1.2007

# Projekt: Alternative Energie

Heutzutage ist alternative Energie ein sehr aktuelles Thema, und die neuesten Heizmethoden werden besonders aktiv im Programm für Umweltsystemwissenschaften an der Karl-Franzens-Universität Graz untersucht. Viele Leute steigen von einer traditionellen Öl- oder Erdgasheizung um, und sie installieren nun lieber ein System basierend z.B. auf Biomasse, Solarenergie oder Erdwärme. Andererseits haben Konsumenten herausgefunden, ein solches System soll nicht von Jedermann installiert werden. In diesem Projekt wird ein bestimmtes Erdwärmesystem analysiert, das von einer internationalen Baufirma mit Material von einer internationalen Erdwärmefirma installiert worden ist. Nachdem gewisse Schwierigkeiten mit dem System aufgetreten sind, haben Techniker von einer oder der anderen Firma nach und nach ihre aktuellste Erklärung für die Systemfehler gegeben. Das Ziel dieses Projekts ist, dass die Mitglieder der Gruppe sich an die Stelle des Konsumenten versetzen und an Hand der von den Firmen gegebenen Information eine Fehlersuche des Systems durchführen und anschließend entscheiden was mit dem System getan werden soll.

# Istsituation – Rohrleitungen im Garten



# Lösungsvorschlag der Installationsfirma

## **Optimale Lösung der Installationsfirma:**

6 Leitungen zu je 100 m

## **Lösungsvorschlag der Installationsfirma:**

Nachdem 3 verschieden lange Rohrleitungen vorliegen => Einbau von Klappen in die Rohrleitungen => Regulierung auf gleiche Temperatur in allen drei Rohrleitungen durch Messungen mit einem Laser

# Gewählte Problemstellungen

1. Was passiert, wenn das System reguliert wird?  
Regulierung soll bedeuten,  
dass in jedem Rohr, unabhängig von seiner Länge,  
zum Entnahmezeitpunkt die gleiche Temperatur  
vorliegen soll.
2. Welchen Einfluss haben verschiedene Rohrlängen  
auf das System?

## Modellierung

### Ausgangspunkt: Drei gleich lange Rohrleitungen

Berechnungsgrundlagen:

- Widerstand (W) in einer Rohrleitung

$$W \approx \text{Länge}(L) / \text{Radius}^4$$

=>  $W1 \approx L1$ ,  $W2 \approx L2$ ,  $W3 \approx L3$  bei gleichen Radien

- Gesamtwiderstand ( $W_{\text{ges}}$ ) bei drei parallelen Rohrleitungen mit den Widerständen

$W1$ ,  $W2$  und  $W3$ :

$$1 / W_{\text{ges}} = 1 / W1 + 1 / W2 + 1 / W3$$

- Regulierung:

Gleiche Temperatur am Ende eines Durchlaufes in den Leitungen bedeutet gleich lange Verweilzeiten in den drei Leitungen, d.h.  $t_1 = t_2 = t_3 = t$ .

Fluss (F) = Volumen (V) / Zeit (t) = Rohrlänge (L) \* Querschnitt / t

$$\Rightarrow F_1 = V_1 / t \approx L_1 / t ,$$

$$F_2 = V_2 / t \approx L_2 / t ,$$

$$F_3 = V_3 / t \approx L_3 / t \text{ bei gleichen Rohrquerschnitten}$$

Weiters gilt:

Druckdifferenz ( $\Delta P$ ) = Fluss (F) \* Widerstand (W)

$$\Rightarrow \Delta P = F_1 * W_1 = F_2 * W_2 = F_3 * W_3 \text{ bzw. wenn Leitung 3 unverändert bleibt, nur Leitung 1 und 2 reguliert werden:}$$

$$F^1 * W^1 = F^2 * W^2 = F_3 * W_3$$

( $F^i$  = Fluss bei regulierter Leitung i,  $W^i$  = Widerstand bei regulierter Leitung i)

$$\Rightarrow F^1 = F_3 * L_1 / L_3 \text{ und } F^2 = F_3 * L_2 / L_3$$



## Ergebnisse (ohne Regulierung)

Formel:

$$W_{ges} = W1 * W2 * W3 / (W1 * W2 + W1 * W3 + W2 * W3)$$

1. 6 x 100 m:

Ergebnis:  $W_{ges} = 16$

2. 3 x 200 m:

Ergebnis:  $W_{ges} = 66$

3. 1 x 175 m, 1 x 183 m, 1 x 195 m (unreguliert):

Ergebnis:  $W_{ges} = 61$



# Ergebnisse (mit Regulierung)

## Berechnung:

Einbau einer Klappe bedeutet  
Verminderung des Flusses d.h.  
Verminderung des Widerstandes  
d.h. wegen der Beziehung  $F_i \approx L_i$ ,  

$$W^1 \approx L3 \cdot W3 / L1,$$

$$W^2 \approx L3 \cdot W3 / L2,$$

$$W^3 \approx L3$$

Bei

1 x 175 m,

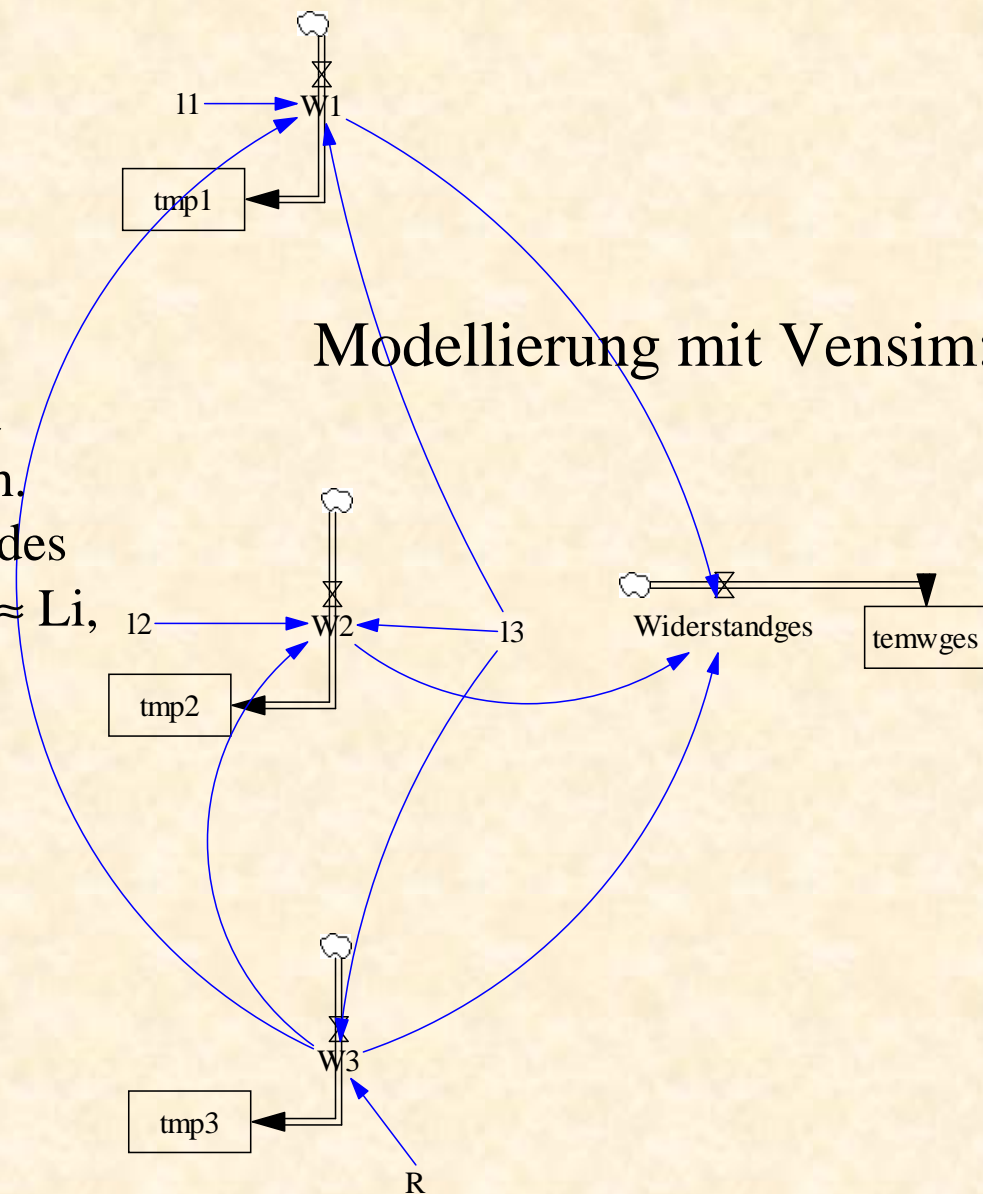
1 x 183 m,

1 x 195 m (reguliert):

Ergebnis:  $W_{ges} = 67,3$

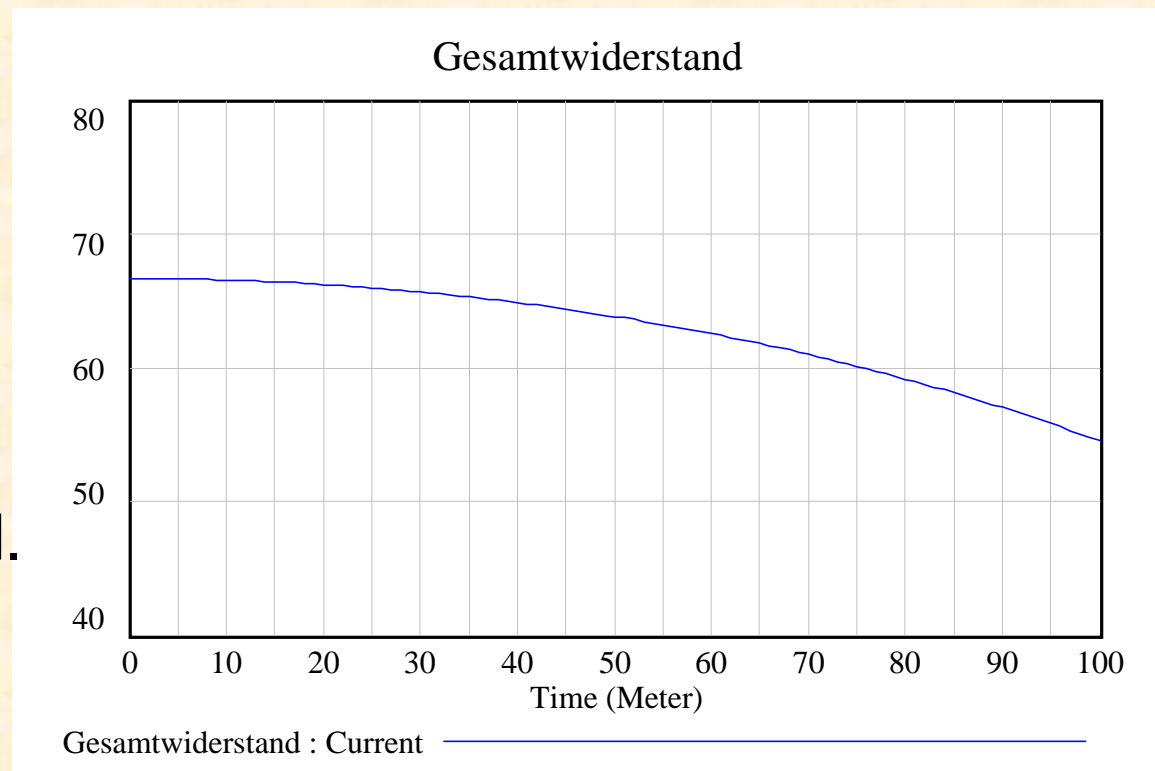
Erdwärmesystem

## Modellierung mit Vensim:



# Modellierung: Variation der Rohrlängen bei gleichbleibender Gesamtrohrlänge

Mit zunehmender  
Differenz der  
Rohrlängen  
(x-Achse \* 2)  
verringert sich der  
Gesamtwiderstand.



# Schlussfolgerungen

Graben statt Regulieren!