

# Swimming Pool Simulation

Pascal Fankhauser, Nico Canzani und Dominik Müller

Windisch, 17. Juni 2019



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Aufgabenstellung . . . . .	1
1.2	Annahmen . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Simulation</b>	<b>2</b>
2.1	Teilsysteme . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Resultate</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	<b>Zeitabschätzung</b>	<b>8</b>

# 1 Grundlagen

## 1.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabe besteht darin, einen beheizten Swimmingpool zu modellieren und zu simulieren. Dabei sollen das Aufheizverhalten sowie der stationäre Zustand untersucht werden.

## 1.2 Annahmen

## 2 Simulation

Die Simulation verfügt über einen Tank, welcher den Pool modelliert, eine Umwälzpumpe und eine Heizung. Des Weiteren wird ein Thermostat zur Temperaturregelung und ein thermisches Netzwerk zur Modellierung der Umgebung eingesetzt.

Um die Simulation übersichtlicher zu gestalten wurde diese in Teilsysteme unterteilt. Diese werden im nachfolgenden Unterkapitel genauer erläutert.

### 2.1 Teilsysteme

Die Simulation verfügt über die folgenden drei Teilsysteme:

#### **Thermostat**

Der Thermostat wurde mit einer MATLAB-Funktion realisiert. Dazu wurde eine **persistent** Variable verwendet, welche ihren Wert zwischen Funktionsaufrufen beibehält und den Heizzustand speichert. Weiter wird geprüft, ob die aktuelle Temperatur innerhalb eines definierten Bereichs liegt. Dies entspricht einem einfachen Zweipunktregler mit einer Hysterese.

#### **Heizung**

Die Heizung wurde mit einem elektrischen Durchlauferhitzer modelliert. Dazu wird während dem Heizvorgang die entsprechende Spannung an einem Leistungswiderstand angelegt. Die entstehende Wärme wird dann über ein 0.5 m langes Kupferrohr mit einem Durchmesser von 10 cm durch Wärmeleitung in das Wasser übertragen. Die Leistung des Durchlauferhitzers entspricht der berechneten Leistung der Wärmepumpe.

#### **Umgebung**

### 3 Resultate

## 4 Zusammenfassung

Die Simulation zeigt auf, wie viele Faktoren Einfluss auf die Wassertemperatur haben. Der Wärmeverlust erfolgt unter anderem über die Wände des Pools (Wärmeleitung), über den Wärmeaustausch zwischen Luft und Wasser (Konvektion) und über Verdampfung (Evaporation). Dies sind die Faktoren, gegen welche sich die Heizung und die Sonneneinstrahlung behaupten müssen, um den Pool auf eine Badetemperatur von 30 °C zu erwärmen. Die Simulation veranschaulicht den Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Pooltemperatur.

Überraschend war die Erkenntnis, dass der Wärmeverlust durch Konvektion einen derart grossen Einfluss (bei 30 °C etwa 60.8 %) hat. Der Verlust über die Wände und den Boden haben wir in der gefundenen Größenordnung erwartet. Die Temperatur der Erde unterliegt nur geringen Schwankungen und die Wärmeleitung über die isolierten Wände erfolgt sehr träge.

Die Herausforderung der Simulation lag vorwiegend im theoretischen Bereich. Um die Teilsysteme zu verstehen, mussten wir uns mit physikalischen Berechnungen aus dem Bereich Wärme und Strahlung auseinandersetzen.

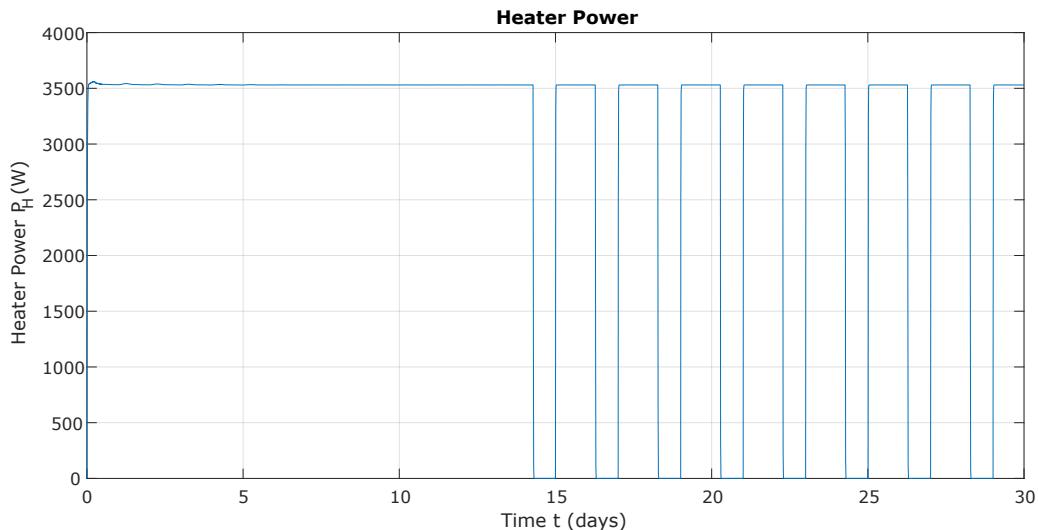


Abbildung 4.1

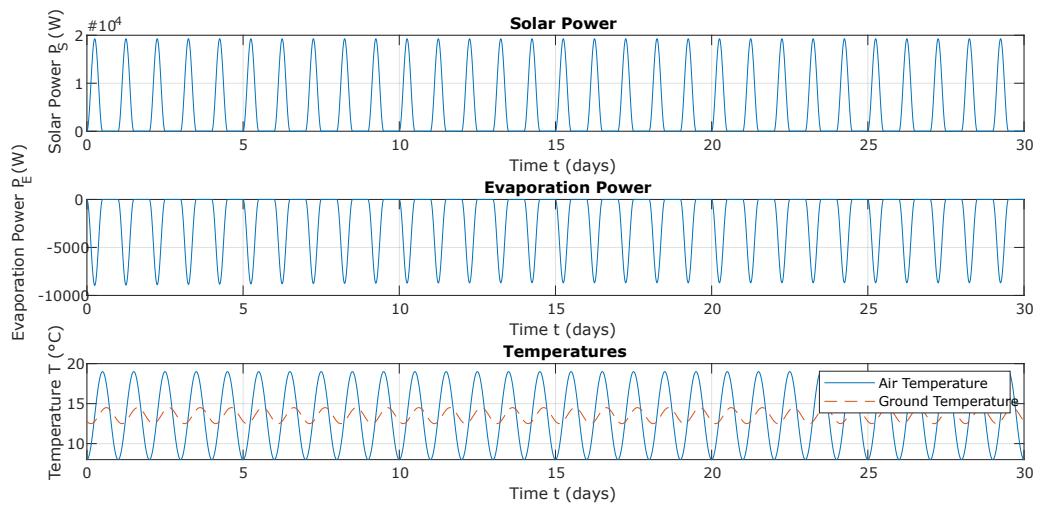


Abbildung 4.2

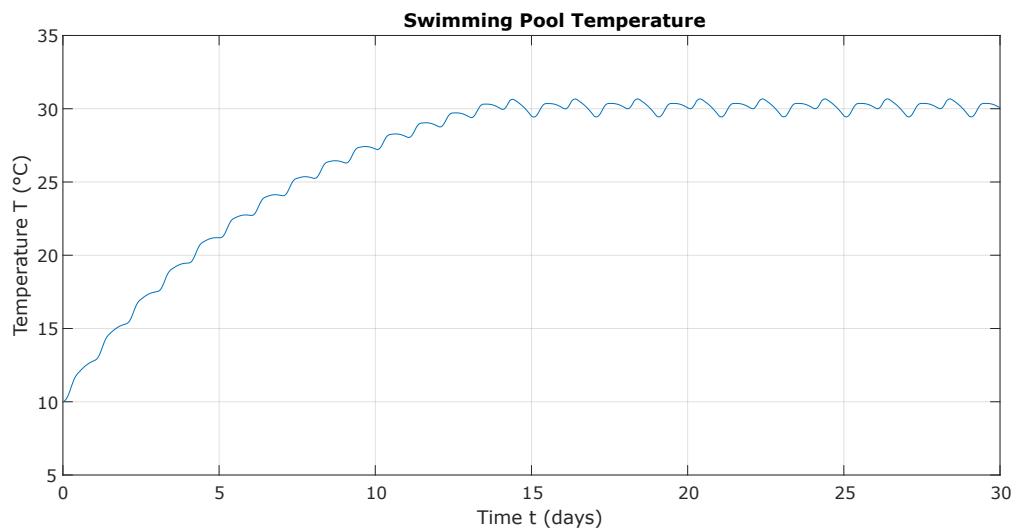


Abbildung 4.3

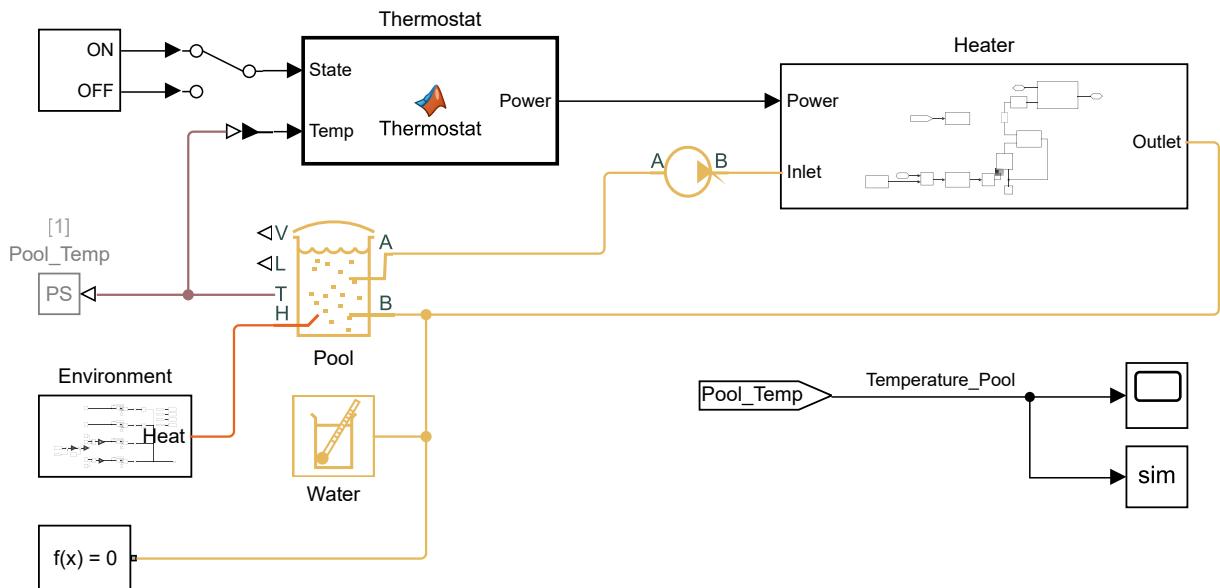


Abbildung 4.4

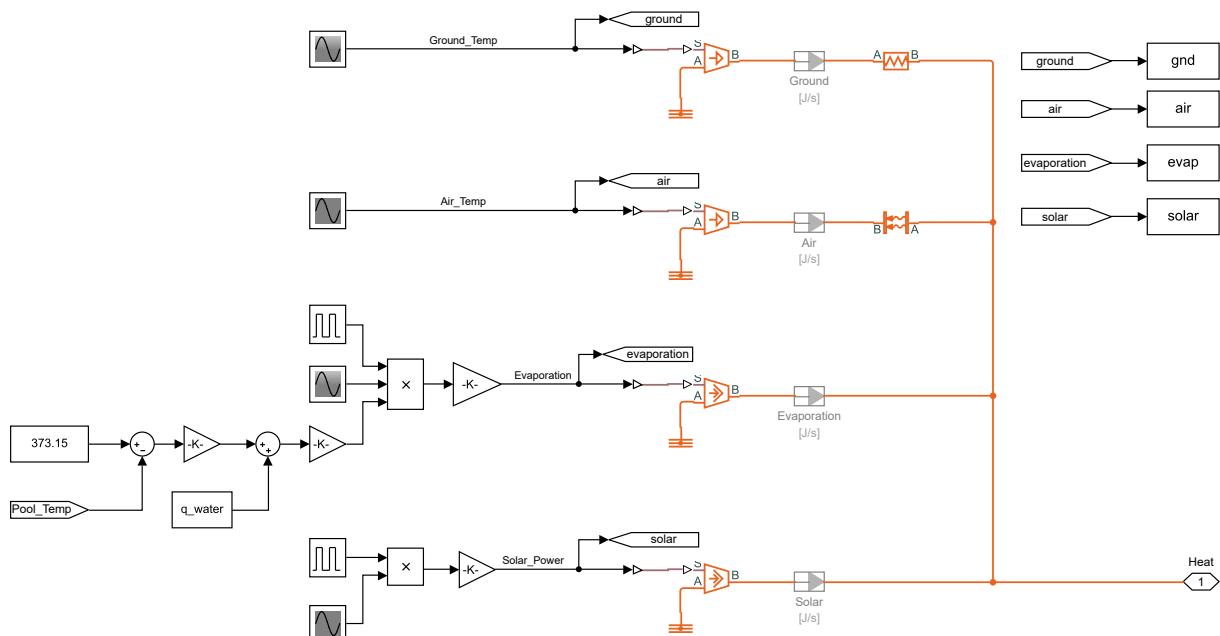


Abbildung 4.5

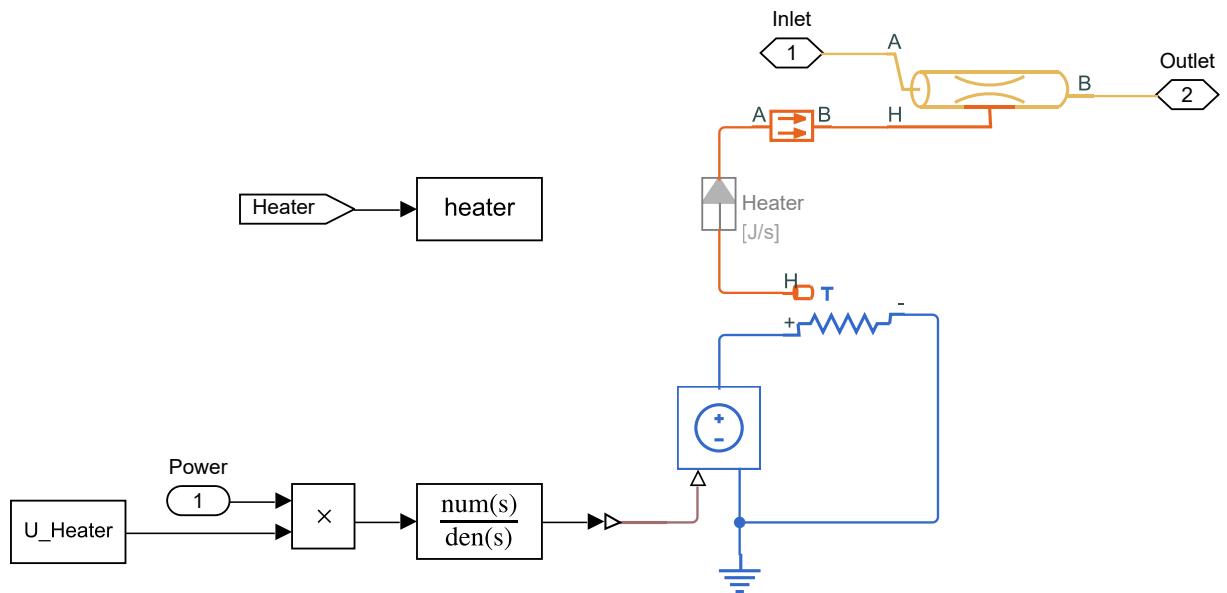


Abbildung 4.6

## A Zeitabschätzung

# Swimming Pool Simulation

## Wärmepumpe

Temperaturdifferenz:

3 K

Umwälzzeit:

48 h

Durchfluss:

1013  $\frac{l}{h}$

## Formeln

$$C = m \cdot c \quad \left( \frac{J}{K} \right)$$

$$\Delta T = T_{SOLL} - T_{IST} \quad (K)$$

$$Q = C \cdot \Delta T \quad (J)$$

$$t = \frac{Q}{P} \quad (s)$$

## Pool

IST-Temperatur:

10 °C

SOLL-Temperatur:

30 °C

Spez. Wärmekapazität:

4184  $\frac{J}{kg \cdot K}$

Poolinhalt:

48600 L

## Abschätzung

Benötigte Zeit:

13 d

8 h

Benötigte Wärmeenergie:

4.067 GJ

Leistung Wärmetauscher:

3.530 kW