

Grundlagen der Simulation: einfache Modelle

Zunächst wollen wir die Grundlagen der Simulation anhand einfacher Modelle kennenlernen. Das Vorgehen orientiert sich dabei am Schulbuch von Klett¹.

Kaffeetasse

Das grundsätzliche Verhalten von heißem Kaffee, den man in eine Tasse füllt, kennt jeder. Er kühlt langsam ab, weil er Wärme an die Umgebung abgibt. Wir wollen in mehreren Schritten theoretisch untersuchen, wie das geht. Es wäre schön, wenn sich an die theoretischen Überlegungen auch eine praktische Untersuchung anschließen könnte, bei der man im Unterricht den Temperaturverlauf misst.

Erster Ansatz

Unser erster Modellierungsansatz:

Der Kaffee gibt seine Wärme gleichmäßig an die Umgebung ab.

Wenn die Schülerinnen und Schüler an dieser Stelle schon mit kritischen Anmerkungen kommen, kann man schon die bei der Modellierung durchgeführten Vereinfachungen besprechen. Alternativ bietet es sich an, nach der Messung der Abkühlung die Modellierung kritisch zu hinterfragen.

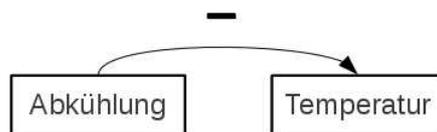
Einige kritische Aspekte:

- Was ist mit der Temperatur / Wärme der Tasse selbst?
- Ändert sich die Umgebungstemperatur?
- Was ist mit Verdunstung?
- Welche Auswirkung hat es, ob wir Kaffee oder Wasser verwenden?

Man hat an dieser Stelle eine gute Möglichkeit, mit den Schülerinnen und Schülern grundlegende Techniken wissenschaftlichen Arbeitens zu erörtern.

Ganz einfach

Der ganz einfache Ansatz beschreibt das System allein mit zwei Größen, der Kaffeetemperatur und der Abkühlung. Das dazu gehörende Wirkungsdiagramm sieht dann so aus:



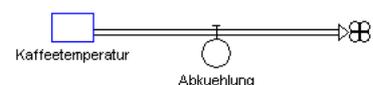
Simulation realisieren

Dieses Modell lässt sich nicht allein mit aufwändiger Simulationssoftware realisieren, sondern schon mit einer einfachen Kalkulationstabelle. Zur Sicherung allgemeiner Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler bietet es sich an, das an dieser Stelle auch wirklich zu tun.

Hier soll jetzt aber nur die Umsetzung mit Dynasys erläutert werden. Für einen ersten Ansatz benötigen wir allein die Elemente Zustand und Fluss.

Das Diagramm sieht dann wie rechts dargestellt aus.

Der Fluss ist als konstant angenommen mit 2, was eine Abnahme von 2°C pro Minute

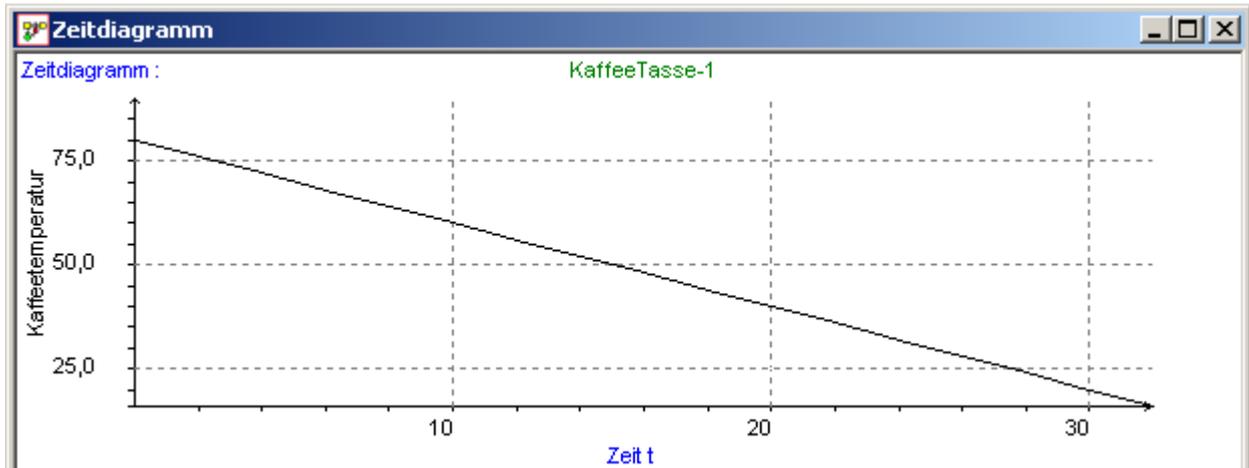


¹ Simulation dynamischer Vorgänge; ISBN 3-12-731348-9;
Das Buch wird leider nicht mehr gedruckt.

beschreiben soll. Da der Fluss kein Ziel hat, zeigt er auf das Symbol einer Senke¹. Sie ist beliebig aufnahmefähig, ohne verwaltet zu werden.

Ergebnisse

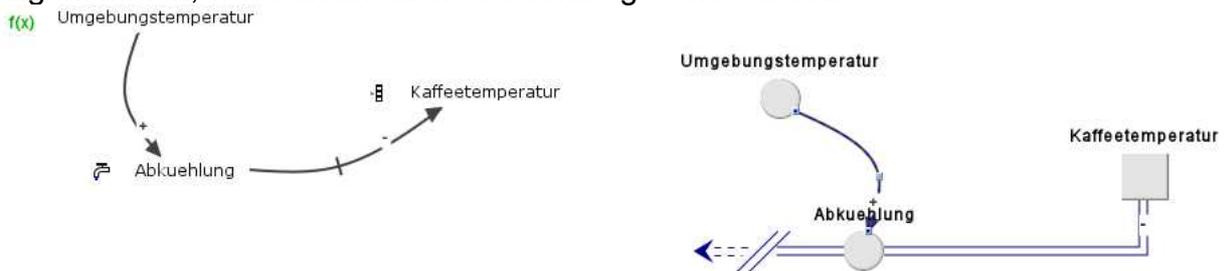
Die Ergebnisse sind allerdings unbefriedigend, obwohl das folgende Diagramm dies noch etwas verschleiert.



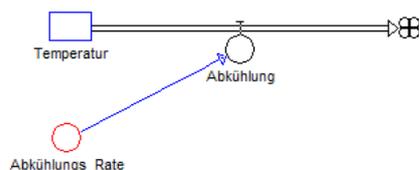
Ich habe nämlich für die Anzahl der zu rechnenden Schritte 33 gewählt und so fällt kaum auf, dass der Graph nicht nur unter die vermutliche Umgebungstemperatur fällt, sondern auch beliebig unter 0°C fallen würde. Klar ist, dass unser einfaches Modell zu einfach ist und dass es modifiziert werden muss.

Verbesserung des Modells

Die Abnahme der Kaffeetemperatur ist selbstverständlich nicht unabhängig von der Umgebungstemperatur. Diese haben wir aber noch nicht in das Modell² mit aufgenommen, was nun im nächsten Schritt geschehen soll.



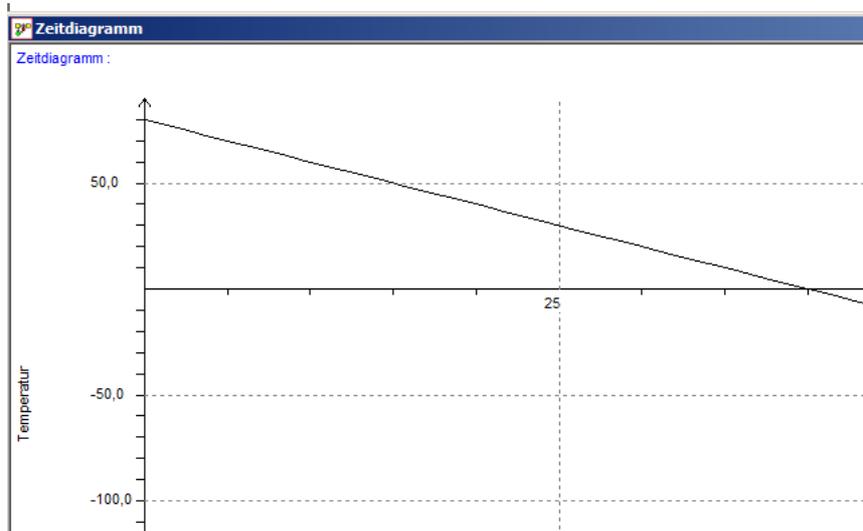
Das Modelldiagramm von Dynasys sieht nun so aus:



¹ Dasselbe Symbol wird auch für Quellen verwendet.

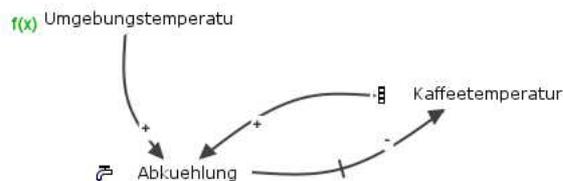
² Das dargestellte Modelldiagramm ist mit Consideo erstellt, die zweite Variante ist die Work-Flow-Darstellung.

Das Zeitdiagramm ist aber weiterhin unbefriedigend:

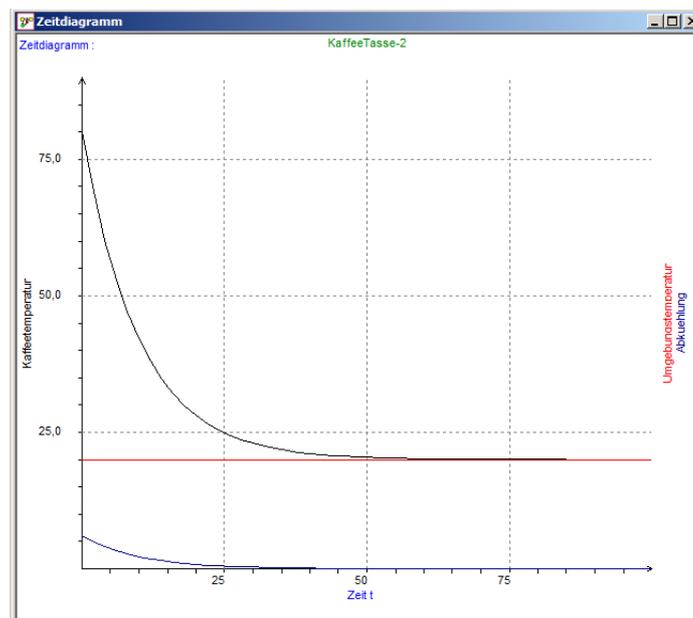


Weitere Verbesserung

Das wird erst besser, wenn wir das Modell so korrigieren, dass nicht der absolute Wert der Umgebungstemperatur berücksichtigt wird, sondern das Zusammenwirken von Umgebungstemperatur und Kaffeetemperatur, ihre Differenz.



Nun entsteht ein akzeptables Verhalten bei der Simulation:



Sinnvollerweise ist die Abkuehlung nur zu Anfang stark. Wenn sich die Kaffeetemperatur der Umgebungstemperatur annaehert, geht die Abkuehlung aber gegen 0 und die Kaffeetemperatur nimmt nicht weiter ab.