

EDS-Laborversuch 4

PRAKTIKUM EREIGNISDISKRETE SYSTEME

FABIAN BRZESINA

Aufgabe 1

Thema: Stateflow-Grundlagen

a) Was ist Stateflow?

Stateflow ist ein leistungsstarkes Werkzeug, das zur Modellierung und Simulation von komplexen, ereignisgesteuerten Systemen eingesetzt wird. Es bietet eine grafische Umgebung, in der Sie die Logik Ihrer Systeme mithilfe von Zustandsübergangsdiagrammen, Flussdiagrammen und anderen Darstellungsformen visualisieren und analysieren können. Stateflow ist eng in die MATLAB/Simulink-Umgebung integriert und wird häufig in der Regelungstechnik, der Automatisierung und der eingebetteten Systementwicklung verwendet.

b) Was ist ein(e) ...

- **Chart**
Ein Chart ist die grundlegende Einheit in Stateflow. Er stellt ein vollständiges Zustandsdiagramm dar und kann mehrere Zustände, Transitionen und andere Elemente enthalten.
- **State**
Ein State repräsentiert einen bestimmten Zustand oder Modus eines Systems. Ein System kann sich von einem Zustand in einen anderen bewegen, wenn eine bestimmte Bedingung erfüllt ist (Transition).
- **History Junction**
Ein History Junction speichert den zuletzt aktiven Unterzustand eines Zustands, wenn dieser verlassen wird. Wenn der Zustand erneut betreten wird, wird der zuletzt aktive Unterzustand wieder aktiviert.
- **Default Transition**
Eine Default Transition wird ausgeführt, wenn keine andere Transition für ein bestimmtes Ereignis definiert ist.
- **Connective Junction**
Ein Connective Junction verbindet mehrere Transitionen und ermöglicht komplexere Verzweigungen in einem Zustandsdiagramm.
- **Truth Table**
Eine Wahrheitstabelle definiert die Bedingungen, unter denen eine Transition ausgeführt wird. Sie ist besonders nützlich für die Modellierung von logischen Entscheidungen.
- **Function**
Eine Function ist ein benutzerdefinierter MATLAB-Code, der innerhalb eines Stateflow-Charts aufgerufen werden kann.
- **Embedded MATLAB Function**
Eine Embedded MATLAB Function ist eine spezielle Art von Function, die direkt in ein Stateflow-Diagramm eingebettet werden kann.
- **Box**
Eine Box ist ein Container, in dem Sie beliebige Stateflow-Elemente gruppieren können.

c) Wie wird der grafische Editor gestartet ?

Um den grafischen Editor zu starten, können Sie entweder einen neuen Stateflow-Chart erstellen oder einen bestehenden öffnen. Dies geschieht in der Regel über das MATLAB/Simulink-Menü oder durch Doppelklick auf eine Stateflow-Datei.

d) Was ist der Model Explorer ?

Der Model Explorer ist ein hierarchisches Browser, mit dem Sie die Struktur Ihres Stateflow-Modells untersuchen und navigieren können. Er zeigt alle Charts, Zustände, Transitionen und andere Elemente in einer Baumansicht an.

e) Wie werden einem Chart oder State Daten bzw. Events zugewiesen ?

Daten und Events können einem Chart oder State über sogenannte Data Stores oder Events zugewiesen werden. Diese können entweder im Model Explorer definiert oder direkt im Chart oder State erstellt werden.

f) Wie werden im Chart Kommentare eingefügt ?

Kommentare können Sie in Stateflow-Charts einfügen, indem Sie eine Textbox erstellen und diese mit einem Kommentar versehen. Sie können Kommentare auch einzelnen Elementen wie Zuständen oder Transitionen zuordnen.

g) Was bedeutet in Stateflow “Exclusive” und “Parallel” ?

- Exclusive: In einem exklusiven Chart kann sich das System zu einem bestimmten Zeitpunkt nur in einem einzigen Zustand befinden.
- Parallel: In einem parallelen Chart können sich mehrere Zustände gleichzeitig aktiv sein.

h) Wie wird ein Chart auf “Exclusive” eingestellt ?

Die Einstellung, ob ein Chart exklusiv oder parallel ist, wird in den Eigenschaften des Charts festgelegt.

i) Was beschreibt das Label einer Transition ?

Das Label einer Transition beschreibt die Bedingung, unter der die Transition ausgeführt wird. Es kann ein logischer Ausdruck, ein Ereignis oder eine Kombination aus beidem sein.

j) Wie starten Sie den Debugger ?

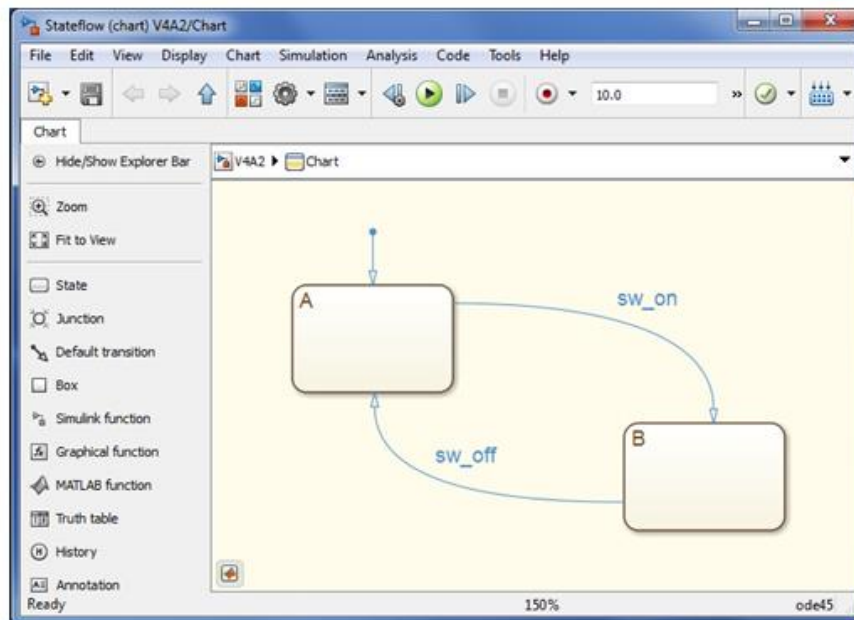
Um den Debugger zu starten, können Sie in der MATLAB/Simulink-Umgebung den entsprechenden Befehl aufrufen oder eine Debugging-Session aus dem Model Explorer heraus starten.

Aufgabe 2

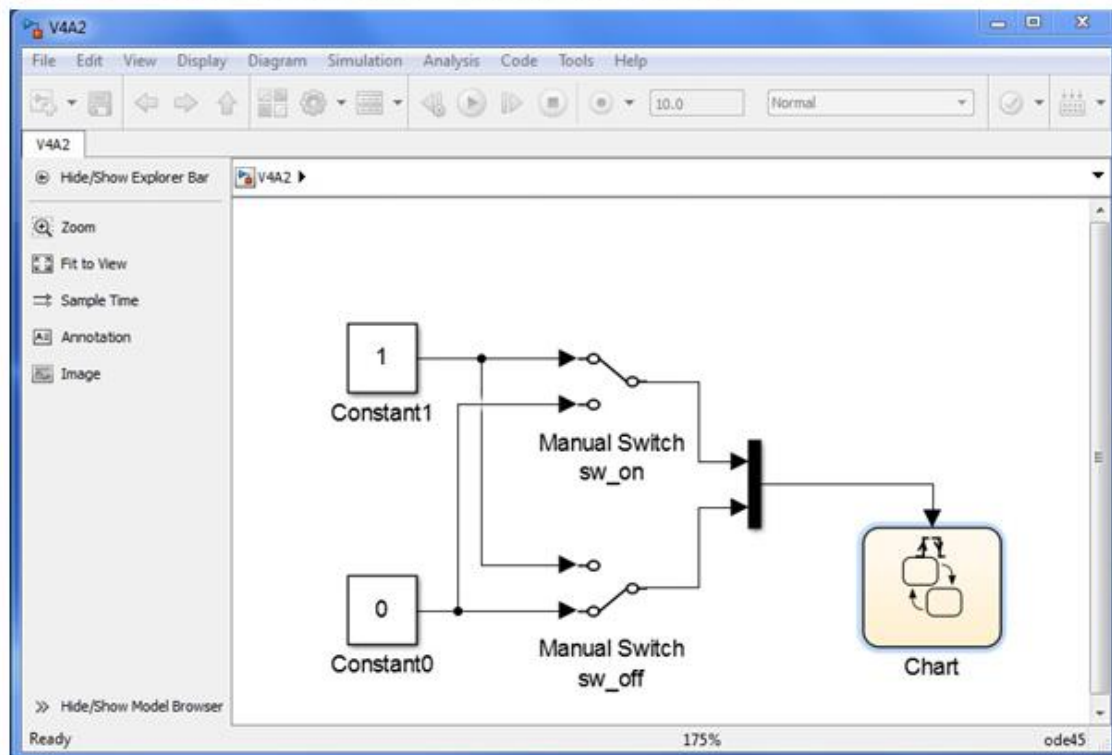
Thema: Erste Schritte in StateFlow

Entwerfen Sie mit Stateflow nachfolgendes Chart und dessen Ansteuerung von Simulink. Treffen Sie alle Vorkehrungen, um das Beispiel ausführen zu können. Testen Sie den Entwurf.

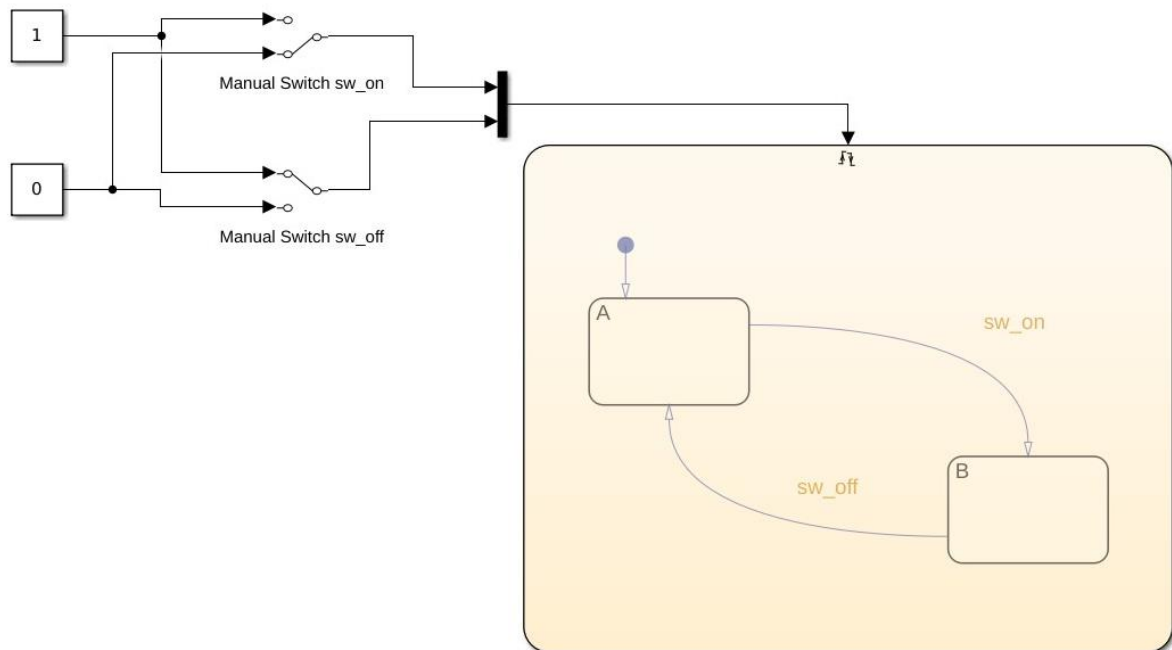
Stateflow Chart



Ansteuerung des Stateflow Chart aus Simulink



Erstelltes Simulinkprogramm mit Stateflow-Chart:



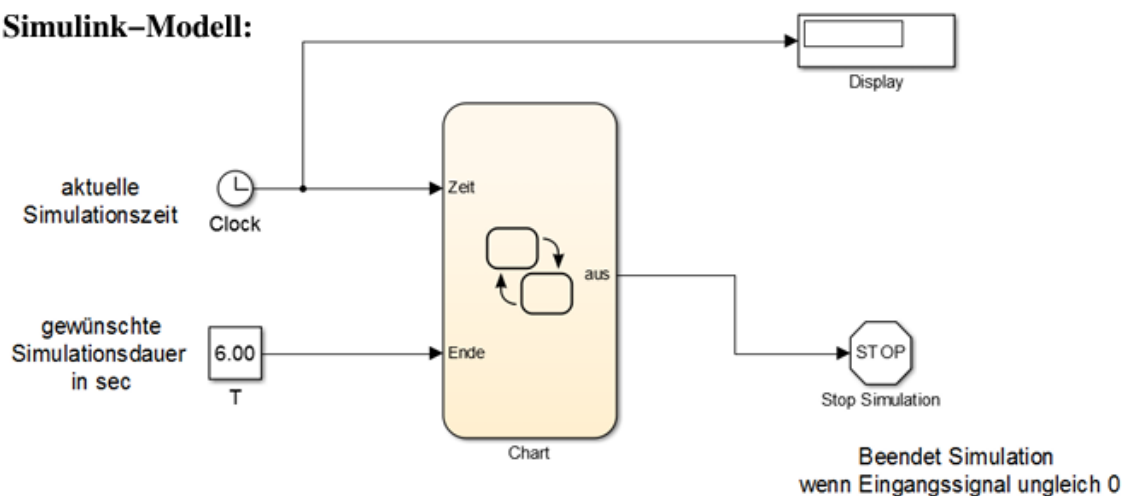
Während die Simulation läuft, kann mit den Manual Switches kann nun der aktive State innerhalb des FlowCharts verändert werden. Diese mussten zuvor als Variablen des Typs InputEvent im Chart eingestellt werden.

Aufgabe 3

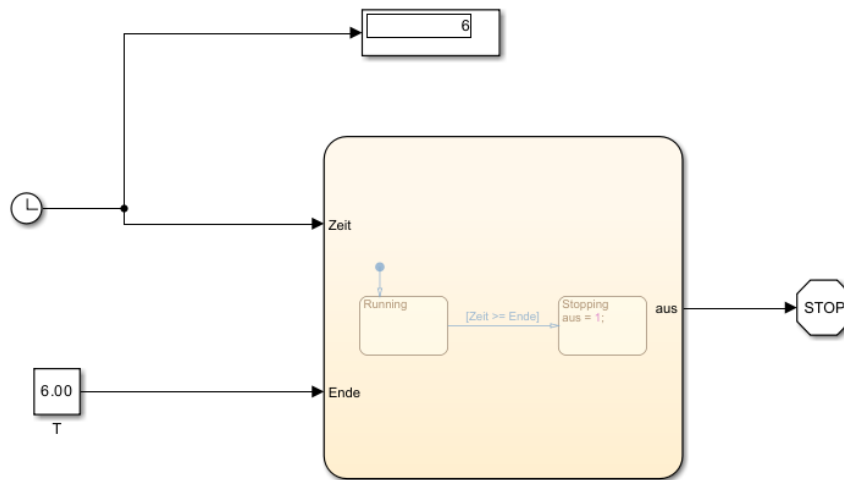
Thema: Weitere Schritte mit StateFlow

Gestalten Sie das Innere des folgenden Stateflow-Chart so, dass die Simulationsdauer auf die im Eingangsblock angegebene Zeit beschränkt wird. Entwickeln Sie ein möglichst einfaches Chart.

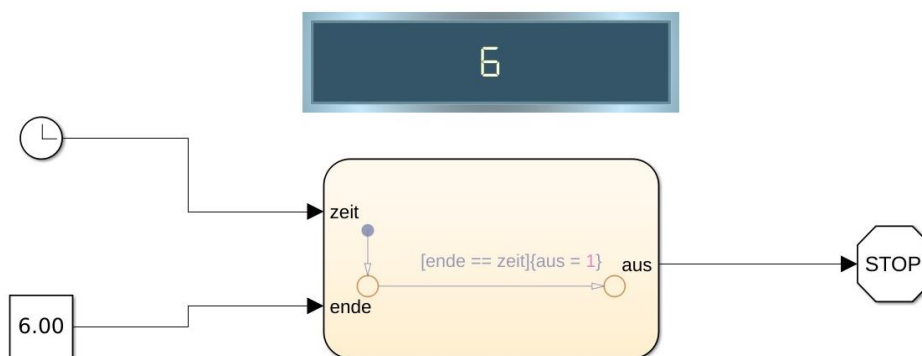
Simulink-Modell:



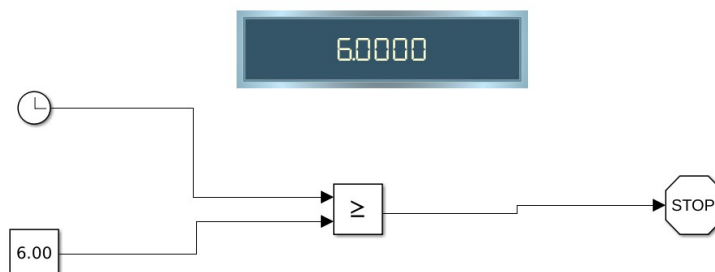
- a) Realisieren Sie das Innere des obigen Stateflow-Charts mit der Verwendung von Zuständen (States).



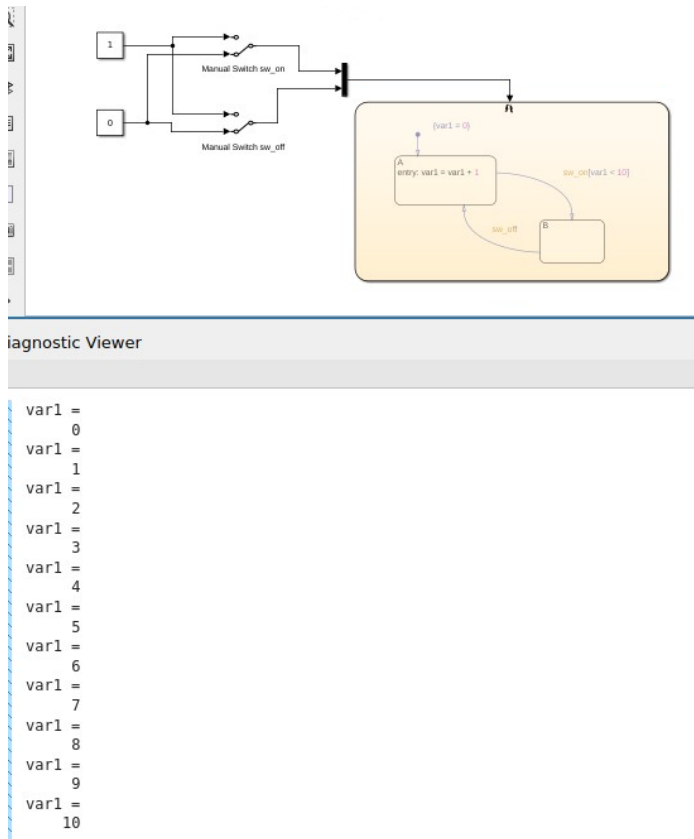
- b) Realisieren Sie das Innere des obigen Stateflow-Charts „stateless“ ohne Zustände, d.h. nur mit Hilfe von Transitions und Junctions.



- c) Realisieren Sie die gewünschte Steuerfunktion direkt in Simulink mit dem Relational Operator.

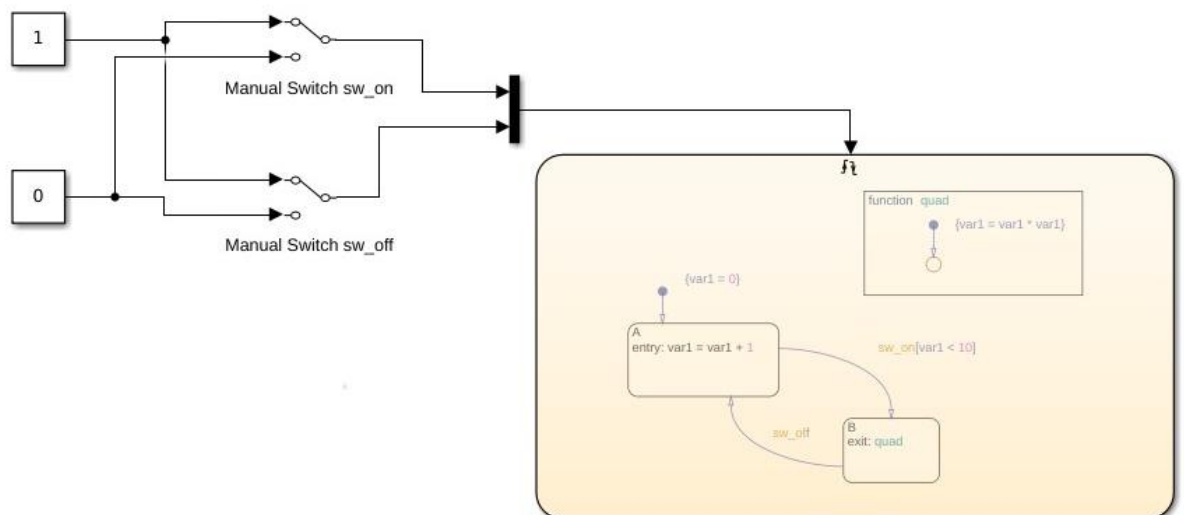


- d) Erweitern Sie Aufgabe 2a) um folgende Funktionalität:
 Zustand B darf nur aktiv werden, wenn `sw_on = TRUE` und eine Variable `var1 < 10` ist.
 Zustand A erhöht den Wert von `var1` um 1, sobald Zustand A aktiv wird.
 Außerdem wird der aktuelle Wert von `var1` im MATLAB Command Window über `ml disp(var1)` ausgegeben.
 Der Wertebereich von `var1` ist Min. 0 und Max. 10.



Nachdem die Variable `var1` den Wert 10 erreicht, kann nicht mehr in State B gewechselt werden. So kann `var1` auch nicht mehr größer werden und der Wertebereich von 0-10 ist ebenfalls gegeben.

- e) **Erweitern Sie Aufgabe 3d) um eine grafische Funktion von Stateflow. Die grafische Funktion soll den Wert von `var1` quadrieren. Die Funktion wird ausgeführt wenn der Zustand B verlassen wird.**



```
var1 =  
0  
var1 =  
1  
var1 =  
1  
var1 =  
2  
var1 =  
4  
var1 =  
5  
var1 =  
25  
var1 =  
26
```



Aufgabe 4

Thema: Anwendungsbeispiel Mischer

Es soll eine beheizbare Mischanlage modelliert werden. Der Erwärmungs-Prozess sowie die Sensor- und Aktorelemente lassen sich in einem Simulink-Modell nachbilden. Mit dem in Simulink eingelagerten Stateflow wird die Steuerung entwickelt. Ziel ist die Modellierung des gesteuerten Gesamtprozesses mit folgenden Eigenschaften:

- Der Mischer hat einen Ein- und Ausschalter. Der eingeschaltete Zustand wird durch eine Betriebslampe angezeigt.
- Während des ersten Aufheizens soll das Rührwerk laufen, und danach ausgeschaltet bleiben.
- Bei einer Temperatur von 100°C wird die Heizung ab- und bei 70°C wieder eingeschaltet.

Die Wassererwärmung mit linearem Wärmeverlust über die Oberfläche lässt sich dabei mit einer Differentialgleichung 1.Ordnung

$$cm \frac{d\vartheta(t)}{dt} = P(t) - Ok\vartheta(t)$$

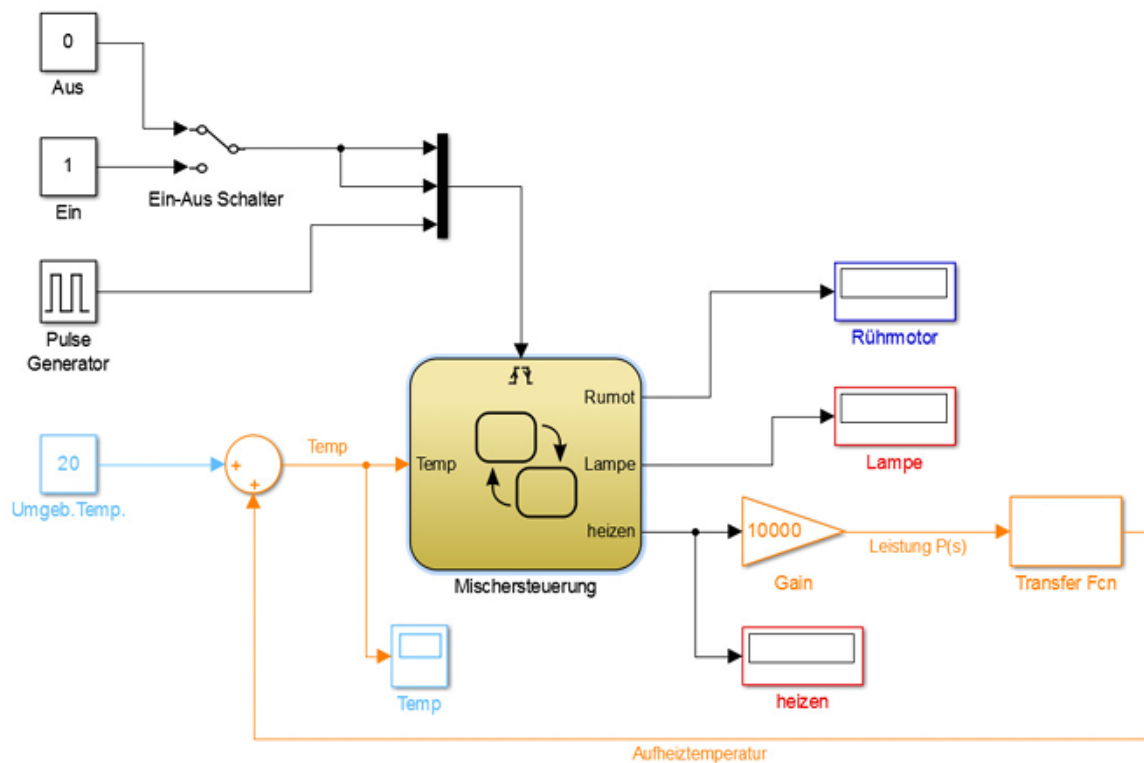
beschreiben. Hierbei ist $P(t)$ die zugeführte Leistung (in W) zur Erwärmung des zu mischenden Materials mit Masse m (in kg); $\vartheta(t)$ ist die Temperatur (in °C) relativ zur Umgebungstemperatur, O ist die Oberfläche der Masse über die Wärme verloren geht (in m²), c ist die spezifische Wärmekapazität der Masse (in J/(kg·°C)); und k ist der Wärmedurchgangskoeffizient (mit Einheit W/(m²·°C)).

D.h. die Differentialgleichung drückt aus, dass in einem sehr kleinen Zeitintervall dt die Änderung $cmd\vartheta(t)$ der in der Masse gespeicherten Wärmeenergie gleich groß sein muss wie die zugeführte Energie $P(t)dt$ minus die über die Oberfläche an die Umgebung abgegebene Energie $Ok\vartheta(t)dt$.

Verwenden Sie im weiteren $K := 1/Ok = 0.01^\circ\text{C}/\text{W}$ und die Zeitkonstante $T_1 := c \cdot m \cdot K = 30\text{sec}$.

In dem folgenden Simulink Mischermodell mit integrierter Mischersteuerung sind die Eingabeereignisse und die Ausgaben ausgeführt. Das zeitkontinuierliche Grundglied $G(s)$ des Erwärmungsprozesses ist in der "Transfer Fcn" zu beschreiben (Model in the Loop).

Simulink Mischmodell mit integrierter Mischersteuerung



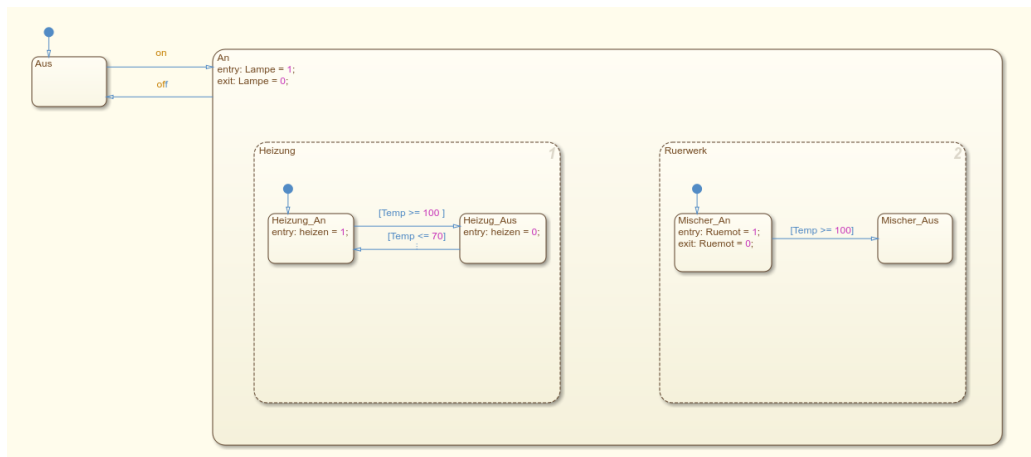
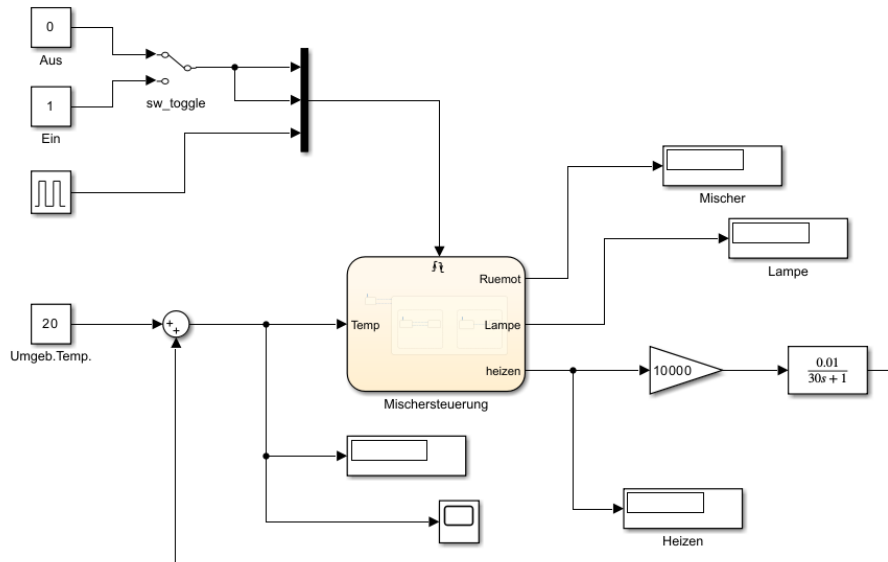
- a) Bestimmen Sie zunächst die Übertragungsfunktion $G(s) := v(s)/P(s)$ des Erwärmungsprozesses und den vorliegenden Grund-Glied-Typ.
 Hinweis: Laplace-Transformieren Sie hierzu obige Differentialgleichung 1. Ordnung abhängig von der Temperatur $v(t) \rightarrow v(s)$ und der zugeführten Leistung $P(t) \rightarrow P(s)$ aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich. Ermitteln Sie aus der transformierten Gleichung $G(s)$.








$$cm \frac{d\vartheta(t)}{dt} = P(t) - Ok\vartheta(t)$$

$$\begin{aligned} cm \cdot s \cdot V(s) &= P(s) - Ok \cdot v(s) \\ cm \cdot s \cdot v(s) + Ok \cdot v(s) &= P(s) \\ v(s) \cdot (cm \cdot s + Ok) &= P(s) \\ \frac{cm \cdot s + Ok}{Ok} &= \frac{P(s)}{v(s)} \Rightarrow \frac{1}{cm \cdot s + Ok} = \frac{v(s)}{P(s)} \\ G(s) = \frac{v(s)}{P(s)} &= \frac{1}{cm \cdot s + Ok} \cdot \frac{1}{\frac{1}{Ok}} \\ \frac{1}{\frac{cm \cdot s}{Ok} + 1} &= \frac{K}{1 + \frac{cm \cdot s}{Ok}} = \frac{K}{1 + s \cdot T_1} \quad K = \frac{1}{Ok} \\ T_1 &= cm \cdot K \end{aligned}$$

$$G(s) = \frac{K}{1+sT_1}$$

- b) Entwickeln Sie mit Stateflow die Mischersteuerung zum Simulink Mischermmodell und definieren Sie im Stateflow Explorer die verwendeten Events sowie die Inputs und Outputs.



	Temp		1
	Ruemot	0	1
	Lampe	0	2
	heizen	0	3
	on		1
	off		2
	clk		3

Input: Temp

Output: Ruemot, Lampe, heizen

Events: on, off, clk

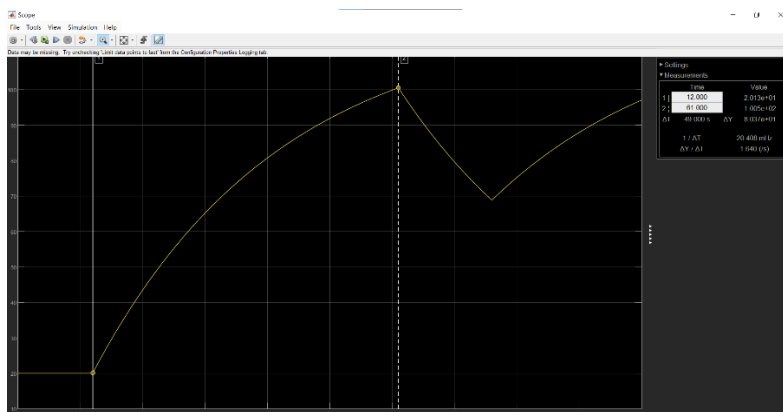
c) Simulieren Sie den Mischvorgang. Analysieren Sie dabei detailliert den Steuerablauf mit dem Stateflow Debugger.

Fügen Sie den Temperaturverlauf des Scopes über einen Mischzyklus als Nachweis an.

- Beim Starten der Simulation muss der Betriebsschalter auf die Ein-Position gestellt werden, ansonsten passiert zunächst nichts.
- Nach dem Einschalten der Steuerung:
 - Die Lampe leuchtet auf.
 - Der Mischer beginnt den Mischvorgang
 - Die Heizung beginnt mit dem Aufheizen
- Nachdem die Temperatur 100°C erreicht hat wird der Mischer und die Heizung abgestellt.
- Kühlt die Temperatur nun auf 70°C ab, wird die Heizung erneut eingeschaltet. Der Mischer bleibt ausgeschaltet.
- Schritt c und d werden von nun an wiederholt, bis der Betriebsschalter auf Aus gestellt wird.

Der Temperaturverlauf wird in Aufgabe d) veranschaulicht.

d) Bestimmen Sie aus der Simulation wieviel Zeit der Mischer für den ersten Aufheizvorgang benötigt und wie lange die Abkühlphase auf 70°C dauert.



Bis zum
Aufheizen dauert
es: $\Delta 49s$

