

## Laborversuch 4

Versuch	Stateflow
Fach	Ereignisdiskrete Systeme
Semester	SS 2024
Fachsemester	TIN 4
Labortermine	27.06.2024 04.07.2024 04.07.2024
Abgabe bis spätestens	12.07.2024

---

### Versuchsteilnehmer

Name:	Vorname:
Semester:	Matrikelnummer:

---

---

### Bewertung des Versuches

Aufgabe:	1	2	3	4
Punkte maximal:	20	10	30	40
Punkte erreicht:				
Gesamtpunktezahl:	Note:	Zeichen:		

---

Anmerkungen:

**Aufgabe 1: (1+9+2+1+1+1+1+1+2+1 = 20 Punkte)**

**Thema: Stateflow-Grundlagen**

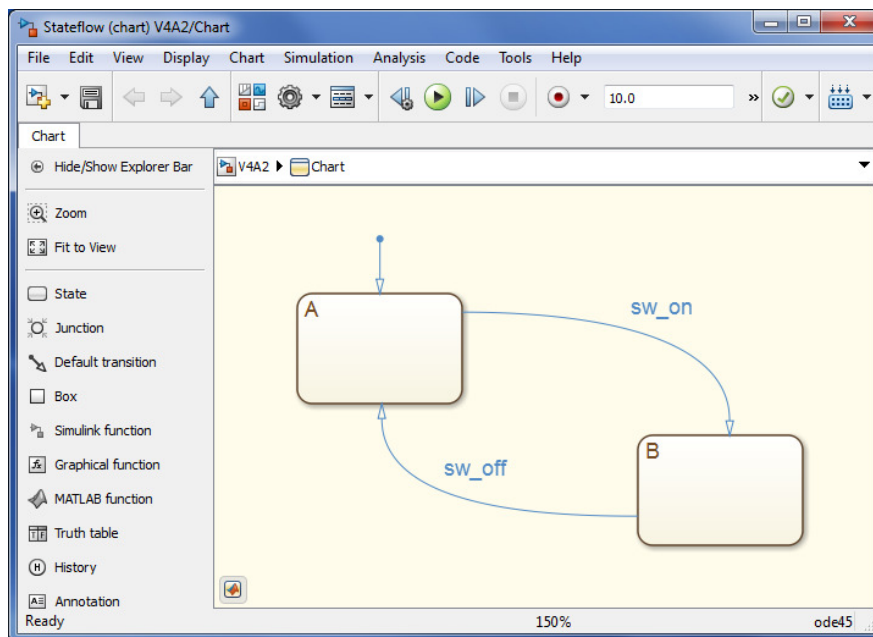
- a) Was ist Stateflow?
- b) Was ist ein(e) ...
  - Chart ?
  - State ?
  - History Junction ?
  - Default Transition ?
  - Connective Junction ?
  - Truth Table ?
  - Function ?
  - Embedded MATLAB Function ?
  - Box ?
- c) Wie wird der grafische Editor gestartet ?
- d) Was ist der Model Explorer ?
- e) Wie werden einem Chart oder State Daten bzw. Events zugewiesen ?
- f) Wie werden im Chart Kommentare eingefügt ?
- g) Was bedeutet in Stateflow "Exclusive" und "Parallel" ?
- h) Wie wird ein Chart auf "Exclusive" eingestellt ?
- i) Was beschreibt das Label einer Transition ?
- j) Wie starten Sie den Debugger ?

## Aufgabe 2: (10 Punkte)

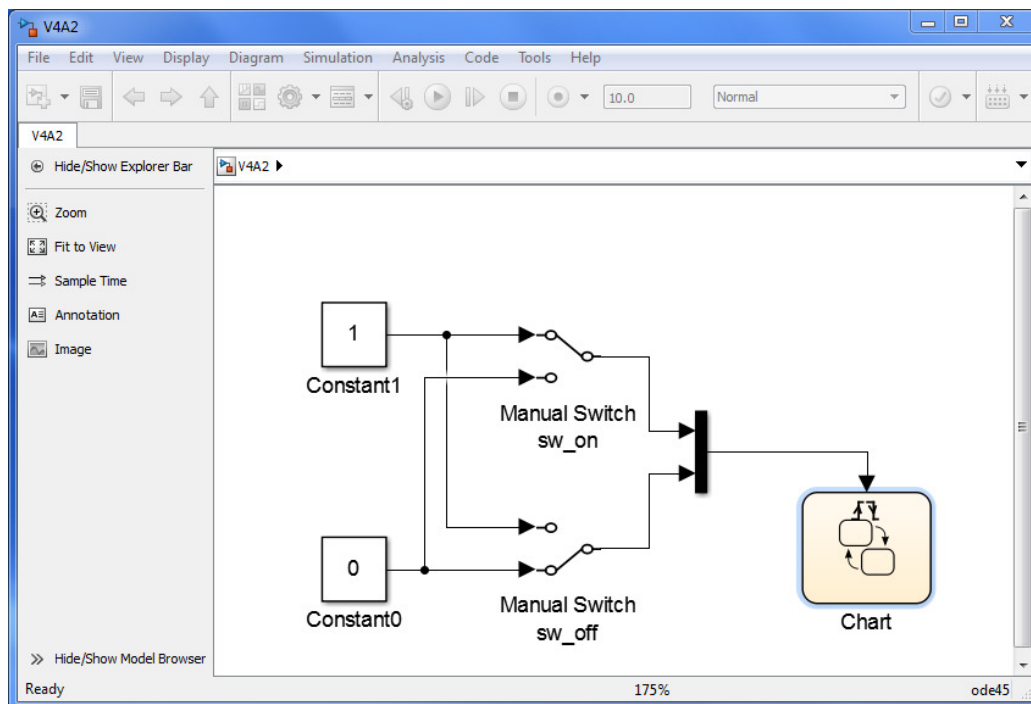
### Thema: Erste Schritte in Stateflow

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

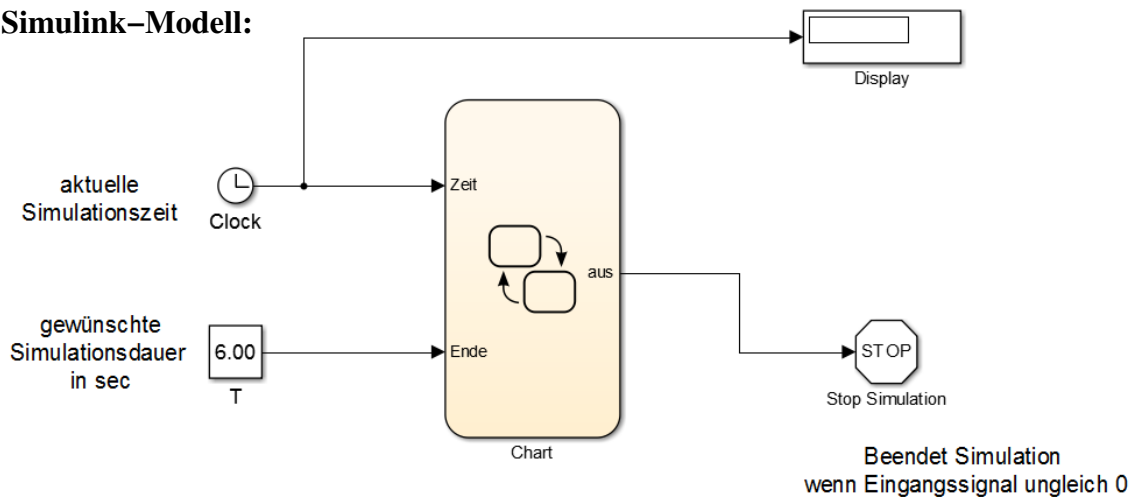


### Aufgabe 3: (5+5+4+8+8 = 30 Punkte)

#### 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:



- Realisieren Sie das Innere des obigen Stateflow-Charts mit der Verwendung von Zuständen (States).
- Realisieren Sie das Innere des obigen Stateflow-Charts "stateless" ohne Zustände, d.h. nur mit Hilfe von Transitions und Junctions.
- Realisieren Sie die gewünschte Steuerfunktion direkt in Simulink mit dem Relational Operator.
- 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.
- 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.

#### Aufgabe 4: (10+15+7.5+7.5 = 40 Punkte)

##### 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

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

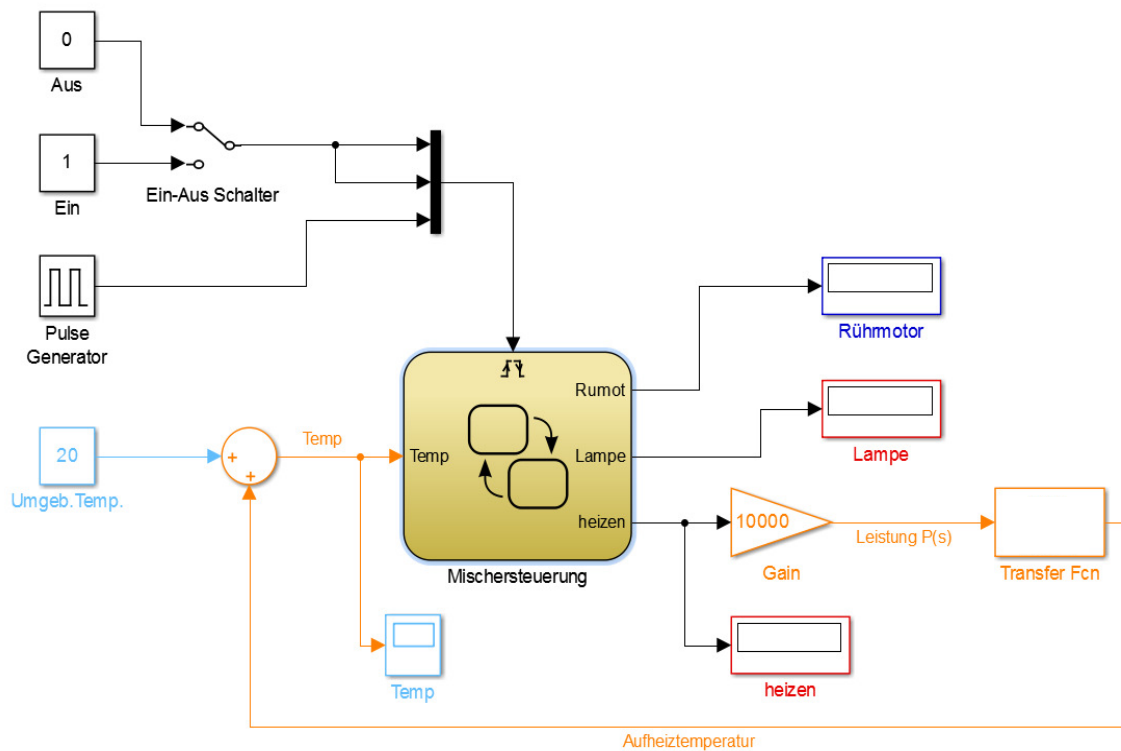
beschreiben. Hierbei ist  $P(t)$  die zugeführte Leistung (in W) zur Erwärmung des zu mischenden Materials mit Masse  $m$  (in kg);  $\vartheta(t)$  ist die Temperatur (in °C) relativ zur Umgebungstemperatur,  $O$  ist die Oberfläche der Masse über die Wärme verloren geht (in m<sup>2</sup>),  $c$  ist die spezifische Wärmekapazität der Masse (in J/(kg·°C)); und  $k$  ist der Wärmedurchgangskoeffizient (mit Einheit W/(m<sup>2</sup>·°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 Mischermmodell 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



- Bestimmen Sie zunächst die Übertragungsfunktion  $G(s) := \vartheta(s)/P(s)$  des Erwärmungsprozesses und den vorliegenden Grund-Glied-Typ.  
Hinweis: Laplace-Transformieren Sie hierzu obige Differentialgleichung 1.Ordnung abhängig von der Temperatur  $\vartheta(t) \circ \bullet \vartheta(s)$  und der zugeführten Leistung  $P(t) \circ \bullet P(s)$  aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich. Ermitteln Sie aus der transformierten Gleichung  $G(s)$ .
- Entwickeln Sie mit Stateflow die Mischersteuerung zum Simulink Mischmodell und definieren Sie im Stateflow Explorer die verwendeten Events sowie die Inputs und Outputs.
- 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.
- Bestimmen Sie aus der Simulation wieviel Zeit der Mischer für den ersten Aufheizvorgang benötigt und wie lange die Abkühlphase auf  $70^\circ\text{C}$  dauert.