
Klausur Modellbildung & Simulation dyn.Sys. – SS 2012

(Prof. Dr. T. Pawletta)

Name:

Matrikelnummer:

A1	A2	A3	A4	A5	Σ	Note
10	16	8	12	4	50	

Aufgabe 1 ($a=1, b=3, c=3, d=3$)

a) Was versteht man ganz allgemein unter **Rechner-Simulation** oder **digitaler Simulation**?

b) Nennen Sie 3 grundlegende Typen dynamischer Systeme **und** je ein Beispiel!

c) Erläutern Sie (**kurz!**) am Beispiel des Fluidvolumens in einem 1-Tank-System mit einem Zufluss und einem Abfluss den Begriff der **kontinuierlichen Zustandsgröße**. Skizzieren Sie einen prinzipiellen Verlauf der Zustands-Zeit-Funktion des Fluidvolumens (mit dem Anfangszustand leerer Tank), wenn sich nach einer Zeitdauer von 100s ein stationäres Fluidvolumen von 5m^3 einstellt. Nennen Sie einen **typischen Systemparameter** eines 1-Tank-Systems.

- d) Erläutern Sie (**kurz!**) am Beispiel des aktuellen Pufferinhalts eines Maschine/Puffer-Systems den Begriff der **ereignisdiskreten Zustandsgröße**. Skizzieren Sie einen prinzipiellen Verlauf der **Zustands-Zeit-Funktion** des Pufferinhalts (Anfangszustand: leerer Puffer). Nennen Sie einen **typischen Systemparameter** eines Maschine/Puffer-Systems.

Aufgabe 2 (a= 4, b= 4, c= 8)

Gegeben ist folgende Differentialgleichung

$$-x(t) - \log(\dot{x}(t)) + 5\ddot{x}(t) = 12$$

- α) Charakterisieren Sie die Differentialgleichung gemäß den vorgegebenen Kriterien.

Grundtyp:

Ordnung:

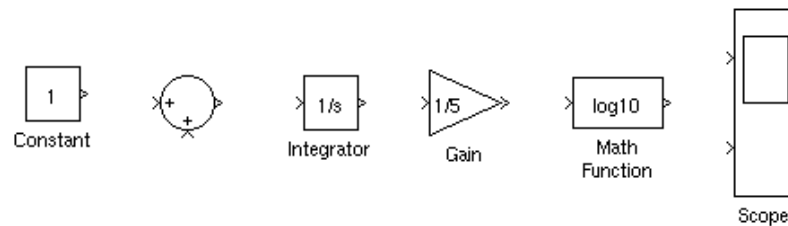
Linearität:

Autonomität:

- β) Überführen Sie die Differentialgleichung durch Substitution in die Zustandsraumdarstellung, d.h. in ein explizites DGL-System erster Ordnung.

- χ) Überführen Sie die Differentialgleichung unter Annahme des gegebenen Anfangswertproblems in einen Signalflussgraphen (Simulink-Modell). Die Zeitfunktionen der Zustandsgrößen sollen aufgezeichnet werden (Anzeige mit dem Scope-Block). Beschriften Sie den Signalflußgraphen in dem Sie die in Parametermasken zu setzenden Anfangswerte an die Blöcke schreiben. Die dargestellten Blocksymbole stehen für die Simulink Block Library. Sie repräsentieren noch nicht die Struktur des Signalflußgraphen.

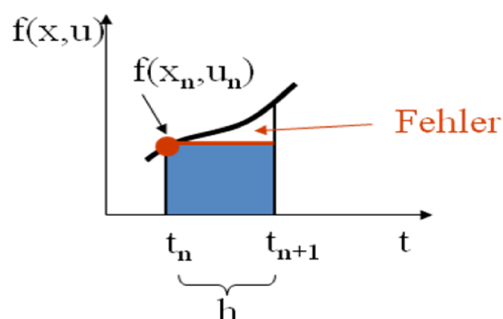
$$x(t_0)=100 \quad \dot{x}(t_0)=1$$



Aufgabe 3 (a=4, b=2, c=2)

a)

Numerische Lösungsverfahren für Anfangswertprobleme basieren auf einer diskretisierten Approximation des Integrals der Ableitungsfunktion $\dot{x}=f(x,u)$ (autonome DGL). Das explizite Euler-Verfahren verwendet dazu pro Integrationsschritt die Rechteckregel (siehe Skizze).



$$x(t_{n+1}) = x(t_n) + \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(x,u) dt$$

$$\int_{t_n}^{t_{n+1}} f(x,u) dt \approx h \cdot f(x(t_n), u(t_n))$$

$$\Rightarrow x(t_{n+1}) = x(t_n) + h \cdot f(x(t_n), u(t_n))$$

Verbesserte Verfahren benutzen zur Verringerung des Diskretisierungsfehlers weitere Stützstellen zur Approximation des Integrals, wie z.B. die Trapezregel:

$$\int_{t_n}^{t_{n+1}} f(x,u) dt \approx \frac{h \cdot (f(x(t_n), u(t_n)) + f(x(t_{n+1}), u(t_{n+1})))}{2}$$

$$x(t_{n+1}) = x(t_n) + \frac{1}{2} \cdot h \cdot (f(x(t_n), u(t_n)) + f(x(t_{n+1}), u(t_{n+1})))$$

Es ergibt sich das Problem, dass der Zustandswert $x(t_{n+1})$ nicht direkt berechenbar ist.

Beschreiben Sie **verbal** (in „kurzen“ Worten) wie dieses Problem bei **impliziten Verfahren** (implizite Trapezregel) und wie es bei **Prädiktor-Korrektor** Verfahren (Heun Verfahren) gelöst wird (nur Betrachtung von Einschrittverfahren).

Implizite Verfahren:

Prädiktor-Korrektor Verfahren:

- b)** Sie möchten eine steife DGL (z.B. mit Simulink) lösen. Für welches der folgenden Lösungsverfahren entscheiden Sie sich und warum? Kreuzen Sie ein Verfahren und eine Begründung an.

Verfahren: **Explizites Euler-Verfahren (euler)**

Ein implizites Verfahren (z.B. ode23t, ode23s)

Ein Prädiktor Korrektor Verfahren (z.B. ode23, ode45)

Begründung: **wegen hoher Rechengeschwindigkeit**

wegen hoher numerischer Stabilität

wegen sehr hoher Genauigkeit

- c)** Welche **Zielstellung** (nennen Sie mindestens eine) verfolgt man mit einer automatischen (variablen) Schrittweitensteuerung und beschreiben Sie kurz auf welcher **Grundidee** diese basiert.

Zielstellungen:

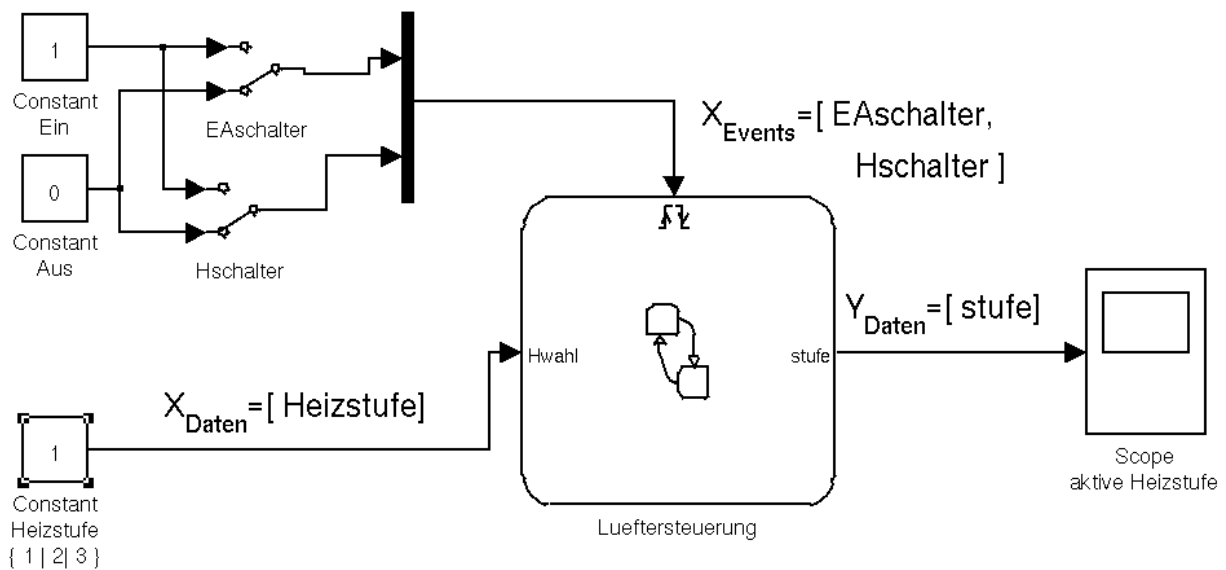
Grundidee:

Aufgabe 4 (12 Punkte)

Vervollständigen Sie das vorgegebene Statechart der Lüftersteuerung eines Lüfters mit drei verschiedenen zu- bzw. abschaltbaren Heizstufen.

Der Lüfter besitzt einen **Ein/Aus-Netzschalter (EAschalter)** zum Lüfter Ein/Aus schalten) und einem **Heizschalter mit drei Heizstufeneinstellungen (Hschalter)** zum Heizung zu-/abschalten und **Hwahl** zur Heizstufeneinstellung **{1|2|3}**).

Das Simulink-Blockschaltbild zeigt das Modell der **simulierten Prozessumgebung**.



Die Simulink-Umgebung definiert mit dem **Switch EAschalter** den **Ein/Aus-Netzschalter**. Dieser liefert in Form von **steigenden** bzw. **fallenden Signalfanken** ein **Input-Ereignis EAschalter**, über welches der Lüfter in den Zustand **Ein** bzw. **Aus** wechselt.

Der **Heizschalter mit Heizstufeneinstellung** ist mit dem **Switch Hschalter** und dem **Constant Block Heizstufe** (konstante Werte 1 | 2 | 3) modelliert. Der **Switch Hschalter** liefert in Form von **steigenden** bzw. **fallenden Signalfanken** ein **Input-Ereignis Hschalter**, über welches die **Heizung zugeschaltet** bzw. **abgeschaltet** wird. Beim Zuschalten der Heizung ist der Zielzustand der Steuerung abhängig vom **aktuell gesetzten Wert** im **Constant Block Heizstufe** {1 | 2 | 3}. Beim Abschalten der Heizung wechselt die Steuerung immer in den Zustand **NurLuefter**.

Ein **Wechsel der Heizstufe im laufenden Betrieb** (Oberzustand **Ein**) ist nur möglich durch Ausschalten der Heizung (**Hschalter**), Änderung der **Heizstufe** und wieder Zuschalten der Heizung (**Hschalter**).

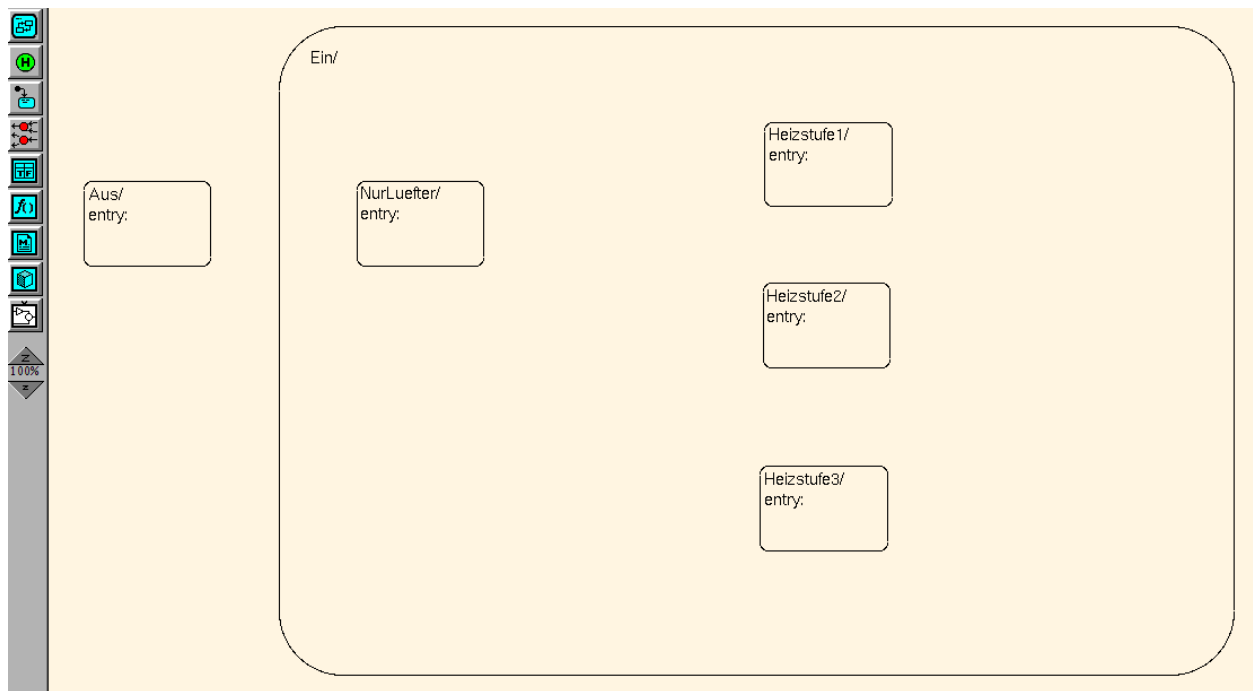
Der Lüfter verfügt über eine Digitalanzeige zur **Anzeige des Heizverhaltens**. Diese ist im **Simulink-Modell** mit dem **Scope-Block** modelliert, welcher den Datenwert der Ausgangsvariablen **stufe** der Lueftersteuerung über der Zeit aufzeichnet. Es gelten folgende Festlegungen:

Lüfter Aus: **stufe=0**

Lüfter Ein ohne Heizung: **stufe=-1**

Lüfter Ein in Heizstufe i: **stufe=i mit i=1|2|3**

Das technisch notwendige Nachlaufen vor der Gesamtabstaltung wenn Heizstufen zugeschaltet soll nicht berücksichtigt werden.



Aufgabe 5 (4 Punkte)

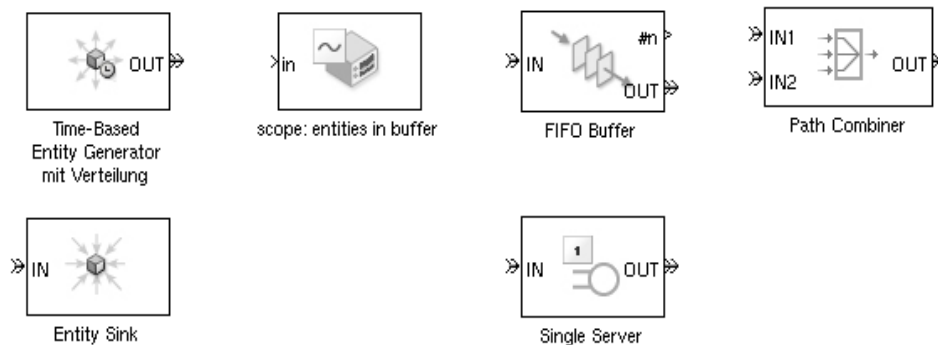
Bei der transaktions(entity)-orientierten Modellierung werden Systeme in Form von **Entitäten, Entitäten-Attributen, Queues, Servern** u.ä. Elementen beschrieben.

Erläutern Sie kurz(!) mit Hilfe einer Skizze der grundlegenden Modellstruktur die Modellierung einer Fertigungszelle mit einem **Eingangspuffer** und einer **Einspindeldrehmaschine**.

Der Eingangspuffer wird durch **zwei vorgelagerte Fertigungsprozesse** mit identischen Teilen bestückt, wobei für **beide unterschiedliche Zwischenankunftszeiten** (Verteilungen) der Teile am Eingangspuffer gelten. Die **Drehmaschine** kann jeweils **ein Teil gleichzeitig** bearbeiten und **für alle Teile gilt eine identische Verteilung der Fertigungszeit**. Nach erfolgtem Drehvorgang werden die Teile terminiert.

Ziel des Modells sind Untersuchungen zur *Pufferdimensionierung* und *Maschinenauslastung*.

Nutzen Sie für die Modellierung die nachfolgenden Systemkomponenten. Diese stehen für das SimEvents Blockset und repräsentieren noch nicht die Modellstruktur.



Modellstruktur:

Viel Erfolg und erholsame Semesterferien !