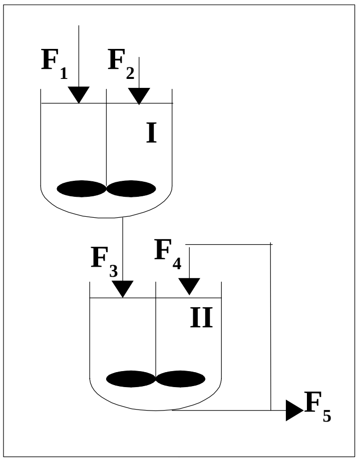
Klausur Prozessdynamik I
WS 2003/2004

Aufgabe 1 *(14 P)*

Gegeben sei ein Prozess aus idealen isothermen Rührkesselreaktoren (CSTRs)**:**



Volumenstrme:

- F_1 enthält nur die frische Komponente A,

  F_1= 0.015 m^3/s, $c_{A,ein,I}$= 2 mol/l,

- F_2 enthält nur die zurückgewonnene Komponente A F_2= 25% von F_5 ,$c_{A,ein2}$ = 1 mol/l,

- F_4 =25% von F_5

Die Volumenströme sind so gewählt, dass in allen Reaktoren ein konstantes Volumen beibehalten wird.

- Reaktor I : T_1= 300 K V_1=5 l
- Reaktor II : T_2=365 K V_2=10 l

Es wird angenommen, dass die Massendichte in allen Zuflüssen und Reaktoren konstant ist $\rho = const, [kg/m^3]$.

Zur Zeit $t=0$ befindet sich nur Lösungsmittel in Reaktor I und in Reaktor II.

Es können folgende Reaktionen auftreten:

1. $2A \overset{k_1}{\rightarrow} B$ $f\ddot{u}r\, T \geqslant 320\,K$ $k_{o1} = 10^{-3} \;\; l/(mol*s)$ $E_{A1} = 50\,kJ/mol$

2. $A \overset{k_2}{\Leftrightarrow} D$ $f\ddot{u}r\, T \geqslant 373\,K$ $k_{o2h} = 10^{-4} \;\; s^{-1}$ $E_{A2h} = 70\,kJ/mol$
   $k_{o2r} = 10^{-2} \;\; s^{-1}$ $E_{A2r} = 80\,kJ/mol$

3. $A + B \overset{k_3}{\Leftrightarrow} 2C$ $f\ddot{u}r\, T \geqslant 350\,K$ $k_{o3h} = 10^{-5} \;\; l/(mol*s)$ $E_{A3h} = 100\,kJ/mol$
   $k_{o3r} = 10^{-3} \;\; l/(mol*s)$ $E_{A3r} = 90\,kJ/mol$

Die Reaktionsgeschwindigkeiten werden über Potenzansätze und die Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten mittels Arrhenius-Ansätzen beschrieben. Die Reaktionsordnung der Komponenten in den Kinetikansätzen entspricht deren stöchiometrischen Koeffizienten.

a) Welche Reaktionen *j* treten in welchen Reaktoren *n* auf?

   Stellen Sie die Matrix der stöchiometrischen Koeffizienten, die Ansätze für die Reaktionsgeschwindigkeiten und für die Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten (allg., d.h. unabhängig von den Reaktoren) auf. **(4 P)**

b) Formulieren Sie eine allgemeine Massenbilanz für Komponente *i* in Reaktor *n*. Formen Sie diese zu einer dynamischen Gleichung für die Konzentration der Komponente *i* in Reaktor *n* um und stellen Sie diese für die Komponente A im Reaktor I und für alle Komponenten im Reaktor II auf. **(6 P)**

c) Wie groß sind die Volumenströme F_1, F_2, F_3, F_4, F_5? **(2 P)**

d) Berechnen Sie die Konzentration $c_{A,I,ss}$ für den sich einstellenden stationären Zustand (ss = steady state) im Reaktor I. Was ist für den stationären Zustand charakteristisch? **(2 P)**

Aufgabe 2 ***(10 P)***

a) Benennen Sie 4 bzw. 3 von den in der Vorlesung behandelten numerischen Lösungsverfahren und deren Eigenschaften:
- 4 - zur Lösung von algebraischen Gleichungen **(2 P)**
- 3 - zur Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen. **(2 P)**

b) Skizzieren Sie kurz die Lösungsstrategie von DGLn mittels Laplace-Transformation. Wie lautet die Definition der Laplace-Transformation? **(2 P)**

c) Welches ist die Vorgehensweise bei der Systemanalyse eines nichtlinearen dynamischen Systems (stichpunktartig)? **(2 P)**

d) Schreiben Sie die nichtlinearen Zustandsraumgleichungen in allgemeiner Form an, zeigen Sie, wie diese zu linearisieren sind, und benennen Sie alle in der linearen Form auftretenden Größen. **(2 P)**

Aufgabe 3 ***(8 P)***

Ein Prozess wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

$$2\frac{d^2y}{dt^2}+4\frac{dy}{dt}+2{,}5\,y=2\,\frac{d^2u}{dt^2}-5\,\frac{du}{dt}$$

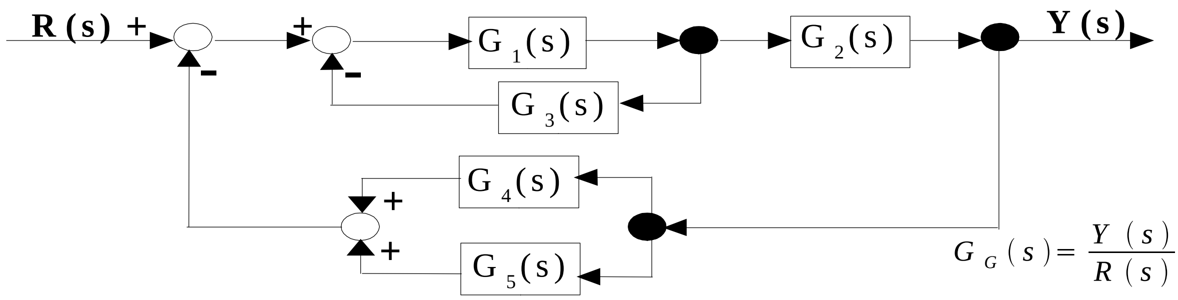
Es gilt: $y(t=0)=0$ $\quad \frac{dy}{dt}\Big|_{t=0}=0$, y : Ausgangsgröße,

: $u(t=0)=0$ $\quad \frac{du}{dt}\Big|_{t=0}=0$, u : Eingangsgröße.

a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion des Systems. **(2.5 P)**
b) Stellen Sie die Pole und die Nullstellen in der komplexen Zahlebene dar.**(2.5 P)**
c) Welches Verhalten weist das System auf? **(2 P)**
d) Skizzieren Sie qualitativ, wie das System auf eine Sprungbefragung antwortet **(1P)**.

Aufgabe 4 ***(8 P)***

Ein dynamischer Prozess sei aus mehreren Teilprozessen zusammengesetzt:



a) Leiten Sie die Berechnungsgleichung für die Gesamtübertragungsfunktion $G_G(s)$ in Abhängigkeit der gegebenen Übertragungsfunktionen her.**(5 P)**

b) Untersuchen Sie das Systemverhalten für folgende Übertragungsfunktionen**(3 P)**

$$G_1(s)=1 \quad G_2(s)=2 \quad G_3(s)=1 \quad G_4(s)=\frac{K}{s+2} \quad G_5(s)=\frac{K}{s-2},\, mit\, K\in\mathbb{R}\quad .$$