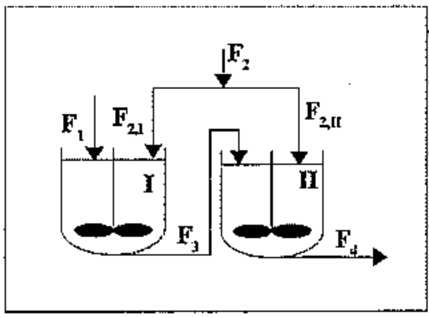
Klausur Prozessdynamik I

Gesamtpunktzahl 54 P (7 Zusatzpunkte möglich) $P \geqslant 27$ - bestanden

***Aufgabe 1* (30 P)**

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



Volumenströme:

- F_1 enthält nur die frische Komponente A, $F_1 = 0.02\ m^3/s$, $c_{A,ein} = 4$ mol/l,
- F_2 enthält nur die frische Komponente B, $c_{B,ein} = 4$ mol/l,
- F_2 wird geteilt, so daß $F_{2,I}$: $F_{2,II}$ gleich 2:3 ist.
- $F_4 = 0.07\ m^3/s$

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

- Reaktor I : $T_1 = 50$ °C $V_1 = 4\ m^3$
- Reaktor II : $T_2 = 80$ °C $V_2 = 8\ m^3$

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. $2A + B \xrightarrow{k_1} 4C$ *nur wenn* $T \leqslant 60\,°C$
2. $C + 2B \overset{k_2}{\Leftrightarrow} D$ *nur wenn* $T \geqslant 70\,°C$

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* und Komponenten *i* 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. **(11 P)**

b) Formulieren Sie die 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 Komponenten B und C in jedem Reaktor auf. **(15 P)**

c) Wie groß sind die Volumenströme F_1, F_2, $F_{2,I}$, $F_{2,II}$, F_3, F_4? **(6 P)**

Aufgabe 2 **(12 P)**

Die Konzentrationsänderung eines Stoffes A in einem chemischen Reaktor möge durch die folgende DGL beschrieben werden:

$$\frac{d c_A}{dt} = \frac{F}{V}(c_A,ein - c_A) - k * c_A^n \quad , \quad c_A(t=0) = 2\ mol/m^3$$

$$F = 6\ m^3/s,\ V = 2.0\ m^3,\ k = 4\ m^3/(mol.s),\ c_A,ein = 4\ mol/m^3$$

a) Berechnen Sie die Konzentration c_A, ss im stationären Zustand für $n=2$:

a.1 analytisch, **(1 P)**

a.2 numerisch.

Wählen Sie zunächst einen geeigneten Startwert aus. Wenden Sie dann Newton-Verfahren an, indem Sie die allgemeine Iterationsvorschrift nennen und 2 Iterationsschritte durchführen. **(5 P)**

b) Ausgehend vom Zeitpunkt $t_o = 0$ sollen die Werte von c_A für $n=2$ durch numerische Integration mittels Runge-Kutta-Verfahren 2. Ordnung für einen Zeitschritt $\Delta t = 0.2 s$ berechnet werden. Schreiben Sie zuerst dessen Iterationsvorschrift an. **(2 P)**

c) Lösen Sie die DGL für $n=1$ mittels Laplace-Transformation. **(4 P)**

Aufgabe 3 ***(11 P)***

Ein Prozess wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - 3\frac{dy}{dt} + 10\,y = 12\,\frac{d u}{dt} - 6u$$

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

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

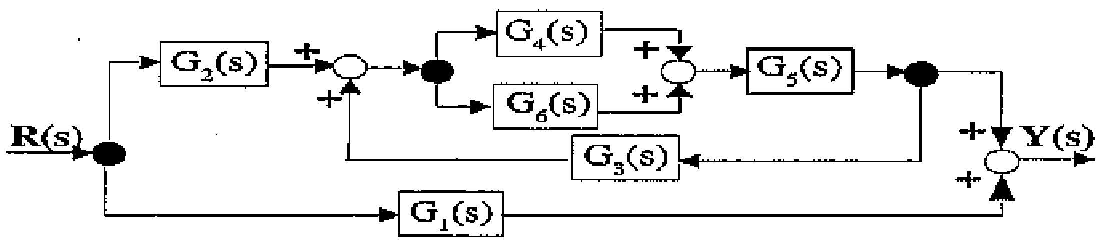
a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion des Systems. **(4 P)**

b) Stellen Sie die Pole und die Nullstellen in der komplexen Zahlebene dar.**(4 P)**

c) Welches Verhalten weist das System auf? **(3 P)**

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)**

$$G_1(s)=1 \quad G_2(s)=\frac{1}{s+1} \quad G_3(s)=\frac{1}{s-1} \quad G_4(s)=2 \quad G_5(s)=1, \quad G_6(s)=1 \ .$$