

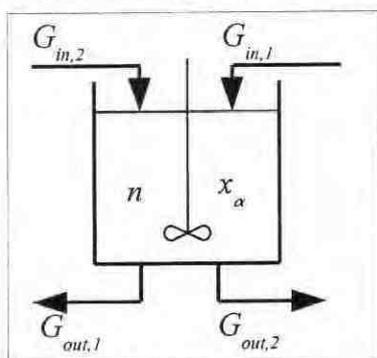
Klausur Prozessdynamik I

(Gesamtpunktzahl: 41)

Aufgabe 1 Wissensfragen (5 P)

- a) Wodurch ist ein stationärer Betriebszustand eines Prozesses gekennzeichnet? (1 P)
- b) Welche Eigenschaft charakterisiert ein ideal durchmisches System? (1 P)
- c) Nennen Sie ein numerisches Verfahren zur Lösung eines algebraischen Gleichungssystems sowie dessen Iterationsvorschrift für eindimensionale Probleme. (1 P)
- d) Nennen Sie den Verschiebungssatz der Laplace-Transformation (Laplace-Transformierte für ein Totzeitglied) (1 P).
- e) Welche drei Ursachen für die Änderung der Gesamtenergie müssen bei der Bilanzierung eines beliebigen, örtlich konzentrierten, technischen Systems berücksichtigt werden? (1 P)

Aufgabe 2 Bilanzierung (13 P)



Gegeben sei ein isobarer ($p=const.$) CSTR mit zwei Zu- und zwei Abläufen, in dem die folgenden chemischen Reaktionen ablaufen:



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

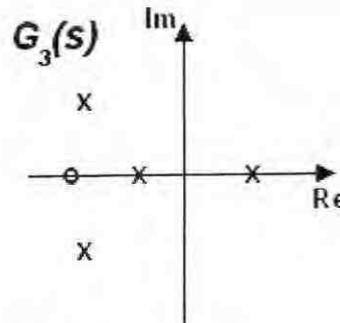
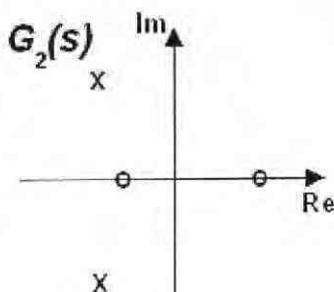
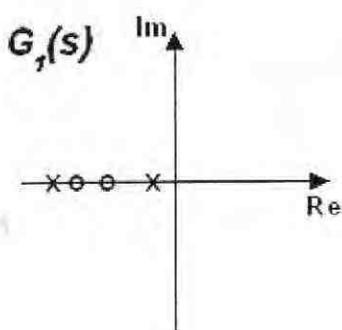
Die Stoffströme sind so gewählt, dass im Reaktor eine konstante Stoffmenge n beibehalten wird. Auch das Volumen kann näherungsweise als konstant angenommen werden. Weiterhin gilt:

- $G_{in,1}$ enthält nur die Komponente A,
- $G_{in,2}$ enthält nur die Komponente B,
- $G_{out,2}$ ist gleich 10% von $G_{out,1}$

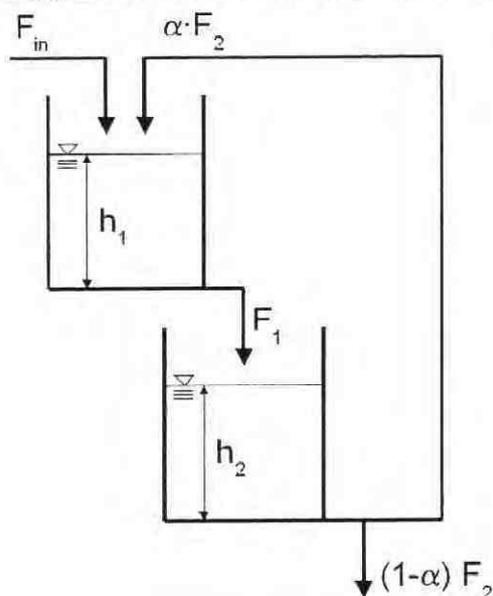
- a) Stellen Sie die Matrix der stöchiometrischen Koeffizienten, die Ansätze für die Reaktionsgeschwindigkeiten und für die Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten auf. (3 P)
- b) Formulieren Sie die allgemeine Stoffbilanz für die Komponente α im Reaktor. Formen Sie diese zu einer dynamischen Gleichung für den Molenbruch der Komponente α um und stellen Sie diese exemplarisch für die Komponente C auf. (4 P)
- c) Stellen Sie die Enthalpiebilanz auf und bringen Sie diese in die Temperaturform. Dabei kann angenommen werden, daß $Q=0$, $W_s=0$ und $c_{p,\alpha}=const$ gilt. (6 P)

Aufgabe 3 Pole und Nullstellen (3 P)

Die folgenden Diagramme zeigen jeweils die Lage der Polstellen (x) und Nullstellen (o) einer Übertragungsfunktion. Welches Verhalten weisen die Systeme hinsichtlich Stabilität, Oszillation und inversem Verhalten auf?



Aufgabe 4 Materialbilanz, Linearisierung (14 P)



Gegeben seien zwei zylindrische Tanks (siehe Abbildung) mit den Grundflächen A_1 und A_2 . Tank 1 wird über einen oben angebrachten Zulauf F_{in} mit einer Flüssigkeit befüllt, die über einen am unteren Ende befindlichen Ablauf in den zweiten Tank läuft. Der Ablauf F_2 des zweiten Tanks wird teilweise in den ersten Tank zurückgeführt. Der zulaufende Volumenstrom F_{in} der Flüssigkeit sei beliebig einstellbar. Der Volumenstrom F_i am Ablauf des jeweiligen Tanks sei von dessen Füllhöhe h_i und von der Querschnittsfläche $A_{out,i}$ des Ablaufes abhängig:

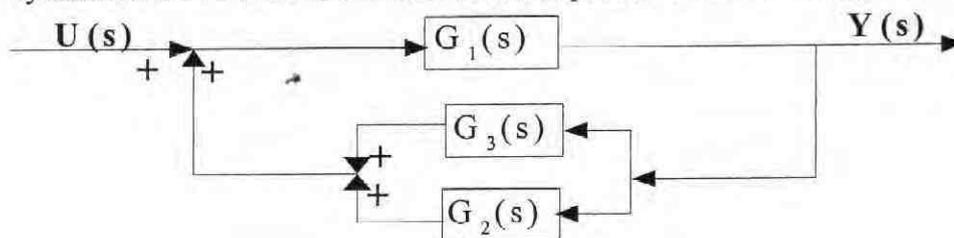
$$F_i = A_{out,i} \cdot \sqrt{2g \cdot h_i} \quad (\text{Ausflußformel von Toricelli})$$

Die Dichte ρ der Flüssigkeit darf als konstant angenommen werden.

- Leiten Sie die Gleichungen $dh_1/dt=...$ und $dh_2/dt=...$ für die zeitliche Änderung der Füllhöhen in den beiden Tanks über die Massenbilanz her. (4 P)
- Es möge sich ein stationärer Zustand einstellen. Welche Bedingungen gelten in diesem Fall für F_1 und F_2 ? (2 P)
- Linearisieren Sie die Gleichungen um den stationären Arbeitspunkt und bringen Sie sie in die Zustandsraumdarstellung. Hierbei seien h_1 und h_2 die Ausgangsgrößen. (5 P)
- Führen Sie eine Laplace-Transformation des Gleichungssystems durch und geben Sie die Übertragungsfunktion an. (3 P)

Aufgabe 5 Blockschaltbilder (6 P)

Ein dynamischer Prozess sei aus mehreren Teilprozessen zusammengesetzt:



$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

- Leiten Sie die Berechnungsgleichung für die Gesamtübertragungsfunktion in Abhängigkeit der gegebenen Übertragungsfunktionen her. (2 P)
- Gegeben seien folgende Beziehungen für die Übertragungsfunktionen:

$$G_1(s) = \frac{-1}{s-1}, \quad G_2(s) = \frac{4s}{3s-4}, \quad G_3(s) = -3.$$

Überführen Sie die Gleichung für die Gesamtübertragungsfunktion in die Pol-Nullstellen-Form. Untersuchen Sie nun das Systemverhalten hinsichtlich Stabilität, oszillatorischem und inversem Antwortverhalten. (4 P).