Klausur Prozessdynamik I

WS 2004/2005

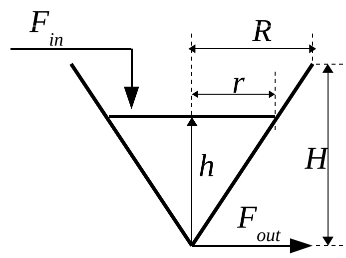
Aufgabe 1: *Einzelfragen (7P)*

a) Nennen Sie die Bestandteile eines vollständigen Prozessmodells.
b) Was bezweckt man mit der Erstellung eines Prozessmodells?
c) Welche wesentliche Annahme beinhaltet das Konzept des CSTR?
d) Für welche der nachfolgenden Größen in einem CSTR gilt ein physikalisches Erhaltungsprinzip?

Gesamtmasse	Temperatur
Partialmasse	Volumen
Gesamtstoffmenge	Gesamtenergie
Molare Konzentration	Enthalpie
Molenbruch	

e) Wie unterscheiden sich das explizite und implizite Eulerverfahren hinsichtlich Stabilität und Rechenaufwand?
f) Auf welchem numerischen Verfahren basiert die Matlab-Funktion `ode23`?
g) Geben Sie die allgemeine Form des Zustandsraummodells für ein Mehrgrößensystems (MIMO-System) an und definieren Sie alle dort vorkommenden Größen.

Aufgabe 2: *Materialbilanz, Linearisierung (6P)*

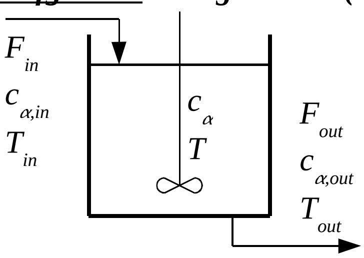


Gegeben sei ein Tank mit konischer Form (siehe Abbildung). Dieser wird über einen oben angebrachten Zulauf mit einer Flüssigkeit befüllt, die über einen am unteren Ende befindlichen Ablauf wieder entweicht. Der zulaufende Volumenstrom der Flüssigkeit sei beliebig einstellbar, der Volumenstrom am Ablauf sei von der Füllhöhe h abhängig, gemäß der Ausflußformel von Toricelli: $F_{out} = A_{out} \cdot \sqrt{2g \cdot h}$

Die Dichte der Flüssigkeit darf als konstant angenommen werden.

a) Leiten Sie die Gleichung $dh/dt = \ldots$ für die zeitliche Änderung der Füllhöhe im Tank über die Massenbilanz her. *(Hinweis: Das Volumen eines Kegels beträgt V=1/3*Grundfläche*Höhe)*
b) Linearisieren Sie die Gleichung um den stationären Arbeitspunkt und bringen Sie sie in die Zustandsraumdarstellung.

Aufgabe 3: *Energiebilanz (6P)*



Gegeben sei ein CSTR, der zum Zeitpunkt t=0 nur mit der reinen Komponente A gefüllt ist. Während des Prozesses wird ebenfalls nur die reine A zugeführt. Im Reaktor findet die exotherme Reaktion $A \Leftrightarrow B$ statt.
Das Reaktorvolumen, der Druck im Reaktor und die spezifischen Wärmekapazitäten der einzelnen Stoffe sind konstant. W_s ist vernachlässigbar klein.

a) Stellen Sie die Enthalpiebilanz auf und bringen Sie diese in die Temperaturform.
b) Der Zulauf, das Reaktorvolumen, die spezifischen Wärmekapazitäten der einzelnen Stoffe sowie die Reaktionsenthalpie seien bekannt. Welche Gleichungen und Angaben werden außerdem benötigt, um die Temperatur im CSTR bestimmen zu können?

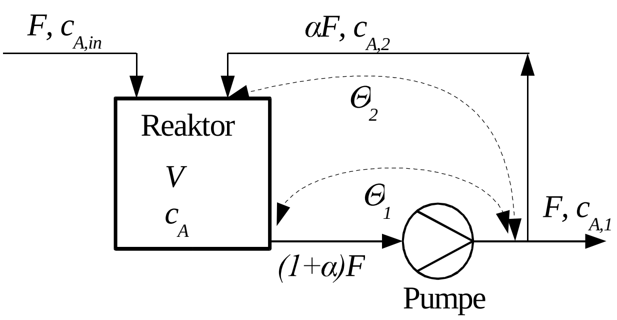
***Aufgabe 4:* Reaktionskinetik (2P)**

Gegeben sei folgendes Reaktionsnetzwerk:

$$A+2B \xrightarrow{k_1} C$$
$$A \xrightarrow{k_2} 2D$$
$$B + C \underset{k_{3-}}{\overset{k_{3+}}{\rightleftarrows}} 3D+E$$

Geben Sie die Gleichung für die molare Quelldichte σ_i der einzelnen Komponenten und die Gleichungen für die Reaktionsgeschwindigkeiten an. Wählen Sie hierfür einen Potenzansatz.

***Aufgabe 5:* Materialbilanz, Übertragungsfunktion (5P)**

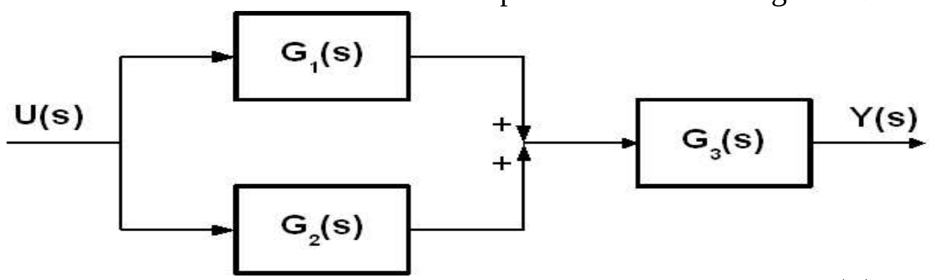


Gegeben ist ein ideal durchmischter, isothermer Reaktor mit einer Rückführung, wobei α das Rücklaufverhältnis ist. Im Reaktor läuft eine irreversible chemische Reaktion 1. Ordnung $A \rightarrow B$ ab.
Im Kreislauf läuft keine Reaktion ab. Er wird durch Totzeitglieder mit den entsprechenden Totzeiten Θ_1 , Θ_2 approximiert.
Das Reaktionsvolumen V und der Zulaufvolumenstrom F sind konstant und Parameter des Systems. Zum Anfang befindet sich das System im stationären Zustand.

a) Stellen Sie die dynamische Gleichung für die Konzentration im Reaktor in Distanzvariablen sowie die Gleichungen für die Totzeitglieder auf.
b) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion des Systems $G(s)=\dfrac{C_{A,1}(s)}{C_{A,\text{in}}(s)}$.

***Aufgabe 6:* Blockschaltbilder, Systemanalyse (9P)**

Ein dynamischer Prozess sei aus mehreren Teilprozessen zusammengesetzt:



a) Geben Sie die Gleichung für die Gesamtübertragungsfunktion $G_{ges}(s)$ in Abhängigkeit der einzelnen Übertragungsglieder an.
b) Gegeben seien folgende Beziehungen für die Übertragungsfunktionen:
$$G_1(s)=\frac{4}{3\cdot s+1} \quad G_2(s)=\frac{a}{b\cdot s+1} \quad G_3(s)=\frac{-2}{5\cdot s+1} \quad \text{, mit } a,b\in\mathbb{R}$$
Überführen Sie die Gleichung für die Gesamtübertragungsfunktion in die Pol-Nullstellen-Form. Untersuchen Sie nun das Systemverhalten hinsichtlich Stabilität, oszillatorischem und inversem Antwortverhalten in Abhängigkeit von den Parametern a und b.
c) Ermitteln Sie die Antwort $y(t)=\ldots$ des Systems im Zeitbereich auf einen Einheitssprung. (Parameterwerte: $a=2$, $b=1$)