Otto von Guericke Universität Magdeburg

Automatisierungstechnik Praktikum

Parameterschätzung - Dreitank

2. Juli 2015

Autoren
Pascal Bock
Marius Hörnschemeyer
Jakob Kübler
Marek Merten

Betreuer
Jun.-Prof. Dr.-Ing. S. Palis

Inhaltsverzeichnis

1 Versuchsvorbereitung **3**
1.1 Herleitung des theoretischen Prozessmodells 3
1.2 PRBS-Signal 3
1.3 rekursive und nichtrekursice Parameterschätzung 3

2 Versuchsdurchführung **4**
2.1 Veruschsdaten 4
2.2 Auswertung 4

1 Versuchsvorbereitung

1.1 Herleitung des theoretischen Prozessmodells

Siehe eingescannte Dokumente!

1.2 PRBS-Signal

Die Pseudorandom Binary Sequence (PRBS) ist ein binäres Signal, welches reproduzierbar die Werte $+1$ und -1 ausgibt.

1.3 rekursive und nichtrekursice Parameterschätzung

Siehe Matlab-File: Versuchsvorbereitung.m

2 Versuchsdurchführung

2.1 Versuchsdaten

Siehe workspace: Dreitank_Messung.mat

2.2 Auswertung

Zur Auswertung wurde nicht, wie in der Anleitung beschrieben, die erste Messhälfte zur Identifikation und die zweite zur Beurteilung der Güte verwendet. Da sonst zu wenig Informationen zur guten Identifikation zur Verfügung gestanden hätten.
Siehe Matlab-File: Dreitank_Parameterschaetzung.m
Es ergeben sich folgende Übertragungsfunktionen bei **rekursiver** Parameterschätzung:

$$G_{u_1 \to y_1} = \frac{-0.003186 + 0.003585z^{-1} - 0.0008396z^{-2}}{1 - 0.7314z^{-1} + 0.09523z^{-2} - 0.3635z^{-3}} \tag{2.2.1}$$

$$G_{u_1 \to y_2} = \frac{0.0005267 + 0.001365z^{-1} - 0.002749z^{-2}}{1 - 0.6909z^{-1} - 0.2244z^{-2} - 0.08366z^{-3}} \tag{2.2.2}$$

$$G_{u_1 \to y_3} = \frac{-0.0003576 + 0.001944z^{-1} - 0.002133z^{-2}}{1 - 0.8089z^{-1} + 0.01849z^{-2} - 0.2092z^{-3}} \tag{2.2.3}$$

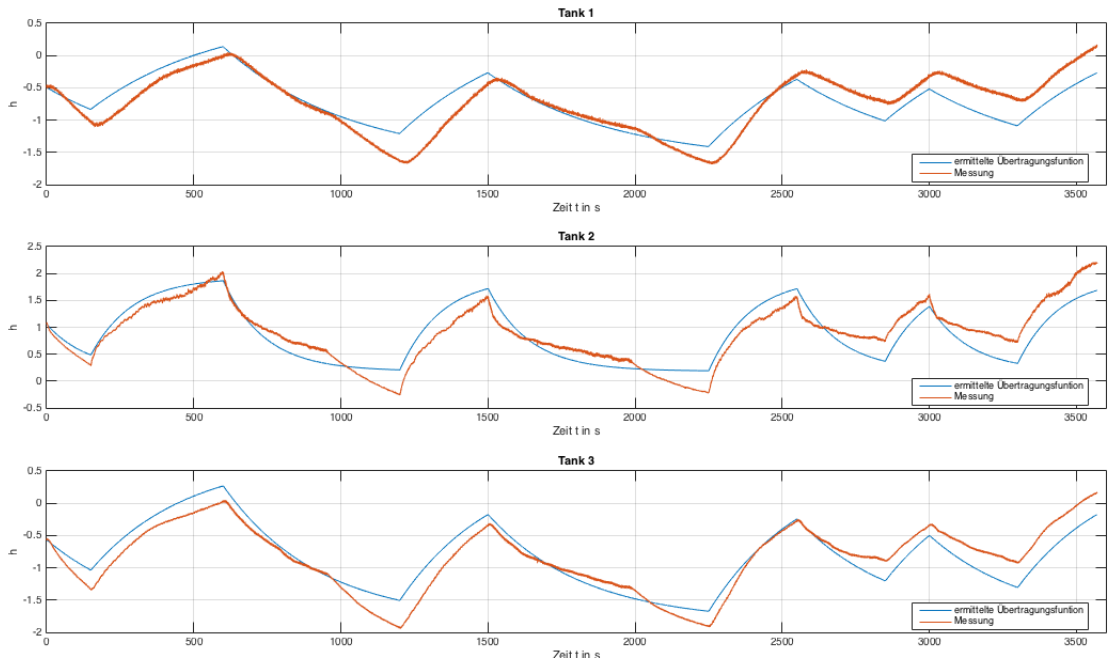

Abbildung 1: rekursive Parameterschätzung

Bei **nichtrekursiver** Parameterschätzung, ergeben sich die Übertragungsfunktionen zu:

$$G_{u_1 \to y_1} = \frac{-0.002922 + 0.00362z^{-1} - 0.001119z^{-2}}{1 - 0.8351z^{-1} + 0.2475z^{-2} - 0.4121z^{-3}} \tag{2.2.4}$$

$$G_{u_1 \to y_2} = \frac{0.0003463 + 0.001564z^{-1} - 0.002674z^{-2}}{1 - 0.789z^{-1} - 0.1731z^{-2} - 0.03712z^{-3}} \tag{2.2.5}$$

$$G_{u_1 \to y_3} = \frac{-0.000468 + 0.002142z^{-1} - 0.002124z^{-2}}{1 - 1.192z^{-1} + 0.5556z^{-2} - 0.3629z^{-3}} \tag{2.2.6}$$

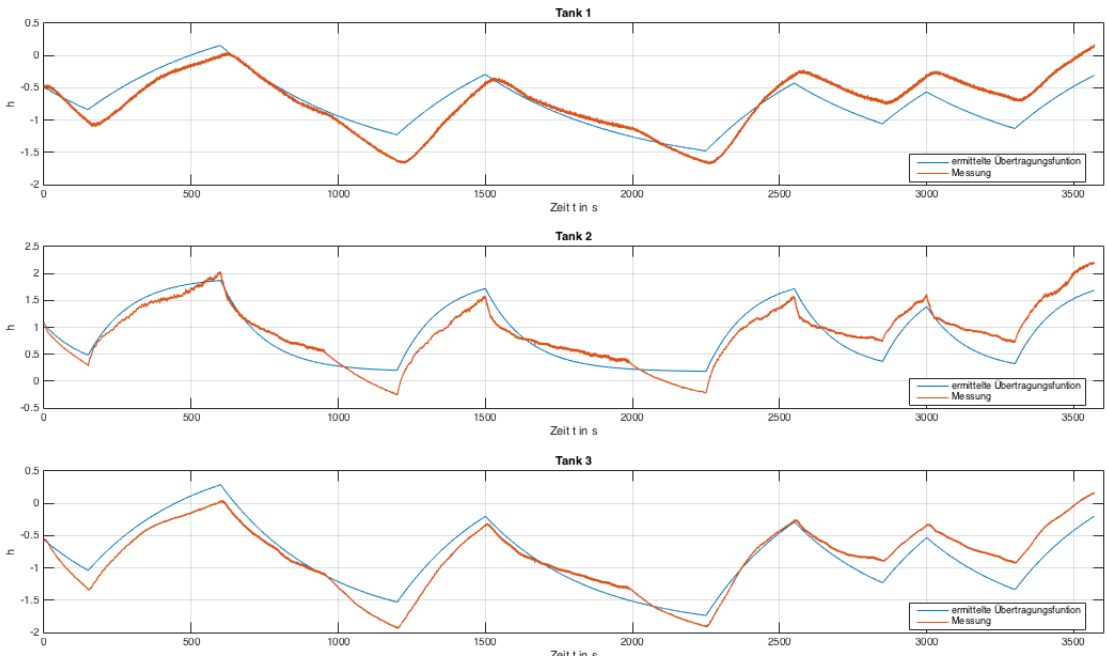

Abbildung 2: nichtrekursive Parameterschätzung

Da während der Messung die Pumpe, ohne Änderung des Eingangssignals, bei $t \approx 900$ und $t \approx 2000$ hörbar einen Gang hoch schaltete, können die Parameterschätzungen nicht besonders gut sein. Da wir zu den Messdaten nicht die tatsächlichen Eingangsgrößen haben.
Betrachtet man dies als großen Fehler, ist der sonstige Verlauf der Simulation, mit den geschätzten Parametern noch relativ gut. Die Sägezähne, die wir erwartet haben, sind erkennbar.
Der Vergleich zwischen rekursiver und nichtrekursiver Schätzung ist nicht besonders groß. Doch es ist zu erkennen, dass für kleine Zeiten die nichtrekursive etwas näher am tatsächlichen Verlauf ist, während die rekursive bei größeren Zeiten kleinere Abweichungen hat.

$\boxed{PA3}$

$$\frac{dV}{dt} = \dot{Q}_{zu} - \dot{Q}_{ab} \pm V \cancel{\sigma_\alpha^m}^{\,0}$$

$$V = \overset{\text{const}}{A} \cdot h$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A}\left(\dot{Q}_{zu} - \dot{Q}_{ab}\right)$$

Torricelli

$$Q(t) = A \cdot v \quad \text{mit } v = \sqrt{2 g \Delta h}$$

$$Q_{ij} = A_{ij} \underbrace{\operatorname{sign}(h_i - h_j)}_{\text{Bestimmung der Durchflussrichtung}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \, |h_i - h_j|}$$

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{1}{A_1}\left(Q_{z1} - Q_{12} - Q_1\right)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{1}{A_2}\left(Q_{12} - Q_{23} - Q_2\right)$$

$$\frac{dh_3}{dt} = \frac{1}{A_3}\left(Q_{z3} + Q_{23} - Q_3\right)$$

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{1}{A_1}\left(Q_{z1} - A_{12} \cdot \operatorname{sign}(h_1 - h_2) \cdot \sqrt{2 \cdot g \, |h_1 - h_2|} - A_{11} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}\right)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{1}{A_2}\left(A_{12} \cdot \operatorname{sign}(h_1 - h_2) \cdot \sqrt{2 \cdot g \, |h_1 - h_2|} - A_{23} \cdot \operatorname{sign}(h_2 - h_3) \cdot \sqrt{2 \cdot g \, |h_2 - h_3|} - A_{22} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_2}\right)$$

$$\frac{dh_3}{dt} = \frac{1}{A_3}\left(Q_{z3} + A_{23} \cdot \operatorname{sign}(h_2 - h_3) \cdot \sqrt{2 \cdot g \, (h_2 - h_3)} - A_{33} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_3}\right)$$

nur sinnvoll: $h_1 > h_2 > h_3$

Bestimmung ~~der~~ einer RL unter Vernachlässigung von Q_1 & Q_2 & Q_{z3}

$$\frac{dh_1}{dt} = 0 = \frac{1}{A_1}\left(Q_{z1} - A_{12} \sqrt{2 g (h_1 - h_2)} - \cancel{A_{11} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}}^{\,0}\right)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = 0 = \frac{1}{A_2}\left(\ldots\right)$$

$$\frac{dh_3}{dt} = 0 = \frac{1}{A_3}\left(\ldots\right)$$

$$h_{1ss} = \frac{Q_{z1}^2}{2 \cdot A_{12}^2 \cdot g} + h_{2ss}$$

$$h_{2ss} = \frac{Q_{z1}^2}{2 \cdot A_{23}^2 \cdot g} + h_{3ss}$$

$$h_{3ss} = \frac{(Q_{z1})^2}{2 \cdot A_{33}^2 \cdot g}$$

Linearisierung

$$f_1 = \dot{h}_1 = \frac{1}{A_1}\left(Q_{z1} - A_{12}\sqrt{2\cdot g\,(h_1-h_2)}\right)$$

$$f_2 = \dot{h}_2 = \frac{1}{A_2}\left(A_{12}\sqrt{2g\,(h_1-h_2)} - A_{23}\sqrt{2g\,(h_2-h_3)}\right)$$

$$f_3 = \dot{h}_3 = \frac{1}{A_3}\left(A_{23}\sqrt{2g\,(h_2-h_3)} - A_{33}\sqrt{2g\,h_3}\right)$$

$$g = \dot{h}_3$$

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

$$x = \dot{h}$$

$$u = Q_{z1}$$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \frac{\partial f_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \cdots & \vdots \\ \frac{\partial f_3}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial f_3}{\partial x_3} \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial u} \\ \frac{\partial f_2}{\partial u} \\ \frac{\partial f_3}{\partial u} \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial x_1} = -\frac{A_{12}}{2\cdot A_1}\,\frac{1}{\sqrt{2g\,(h_1-h_2)}}\cdot(2\cdot g) = \frac{-A_{12}\cdot g}{A_1}\cdot\sqrt{\frac{1}{2g\,(h_{1ss}-h_{2ss})}}$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial x_2} = \frac{A_{12}\cdot g}{A_1}\sqrt{\frac{1}{2g\,(h_{1ss}-h_{2ss})}}$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial x_3} = 0$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial u} = \frac{1}{A_1}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x_1} = \frac{A_{12}\cdot g}{A_2}\sqrt{\frac{1}{2g\,(h_{1ss}-h_{2ss})}}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x_2} = \frac{-A_{12}\cdot g}{A_2}\sqrt{\frac{1}{2g\,(h_{1ss}-h_{2ss})}} - \frac{A_{23}\cdot g}{A_2}\sqrt{\frac{1}{2g\,(h_{2ss}-h_{3ss})}}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x_3} = \frac{A_{23}\cdot g}{A_2}\sqrt{\frac{1}{2g\,(h_{2ss}-h_{3ss})}}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial u} = 0$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial x_1} = 0$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial x_2} = \frac{A_{23} \cdot g}{A_3} \sqrt{\frac{1}{2g(h_{2ss} - h_{3ss})}}$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial x_3} = \frac{-A_{23} \cdot g}{A_3} \sqrt{\frac{1}{2g(h_{2ss} - h_{3ss})}} - \frac{A_{33} \cdot g}{A_3} \sqrt{\frac{1}{2gh_{3ss}}}$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial u} = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_1} = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_2} = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_3} = 1$$