Versuch 4: Regelstrecke mit einem I-Anteil

In diesem Praktikumsversuch wird eine Regelstrecke, ein Füllstandsbehälter, betrachtet. Diese Regelstrecke wird wie im RT Versuch 3 mithilfe eines Parameterschätzverfahrens identifiziert/modelliert. Da der Füllstandbehälter ein I-Verhalten ausweist, wird zuerst der Reglerentwurf für Regelstrecken mit einem I-Anteil hinsichtlich des Führungs- und Störverhaltens diskutiert. Basierend auf das Modell der Regelstrecke und die Eigenschaften des I-Anteils in der Regelstrecke wird optimaler Regler für die Niveauregelung des Füllstandsbehälters mit dem Programm PIDT1Opt hinsichtlich des Führungs- und Störverhaltens entworfen. Der Regelkreis wird entsprechend getestet. Mit den daraus gewonnen Kenntnissen kann man einen Regler für weitere praktische Anlagen mit einem I-Anteil schnell entwerfen und implementieren.

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Experimentelle Modellbildung durch Streckenidentifikation (Wiederholung)

Um für einen Regelkreis einen vorgegebenen Regler parametrieren zu können oder einen Regler beliebiger Struktur und Ordnung zu entwerfen, ist es erforderlich, ein mathematisches Modell zu haben, das die Regelstrecke hinreichend genau beschreibt. Dieses Modell kann z.B. eine Differentialgleichung eine zeitdiskrete oder zeitkontinuierliche Zustandsraumdarstellung oder auch eine zeitdiskrete oder zeitkontinuierliche Übertragungsfunktion sein. Bei physikalisch überschaubaren Prozessen gibt es die Möglichkeit, mit Hilfe von physikalischen Bilanzgleichungen eine Differentialgleichung theoretisch aufzustellen, die das System beschreibt. Hierzu müssen allerdings alle Parameter bekannt oder messbar sein. Meistens stellt dies in der Praxis einen sehr großen Aufwand dar.

Hier kommt das Prinzip der experimentellen Systemidentifikation zum Tragen. Speziell bei dem Parameterschätzverfahren, das hier angewendet werden soll und im Matlab als Toolbox verwendet werden kann, wird die Regelstrecke mit einem unregelmäßigen Signal als Stellgröße von einem Rauschgenerator angeregt. Aus diesem Signal und dem Ausgangssignal – der Regelgröße – als Reaktion hierauf, lässt sich das mathematische Modell mit den Messdaten bestimmen. Bild 1.1 zeigt eine solche Anordnung.

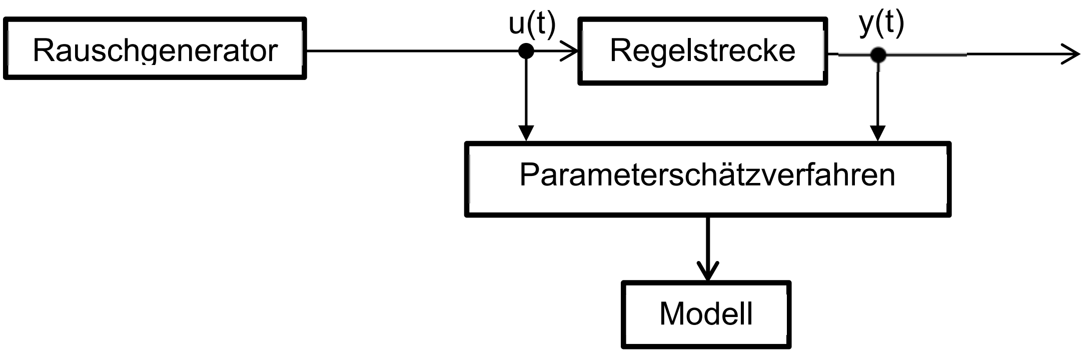


Bild 1.1: Open-loop-Identifikation.

Wenn die Regelstrecke instabil oder grenzstabil ist, lässt sich das Verfahren nach Bild 1.1 nicht anwenden. Für diesen Fall ist ein Regler erforderlich, der die Regelstrecke zumindest stabilisiert. Bild 1.2 zeigt eine solche Closed-loop-Identifikation. Der Regler verhindert hierbei, dass die Regelgröße aufgrund der Instabilität der Regelstrecke wegläuft.

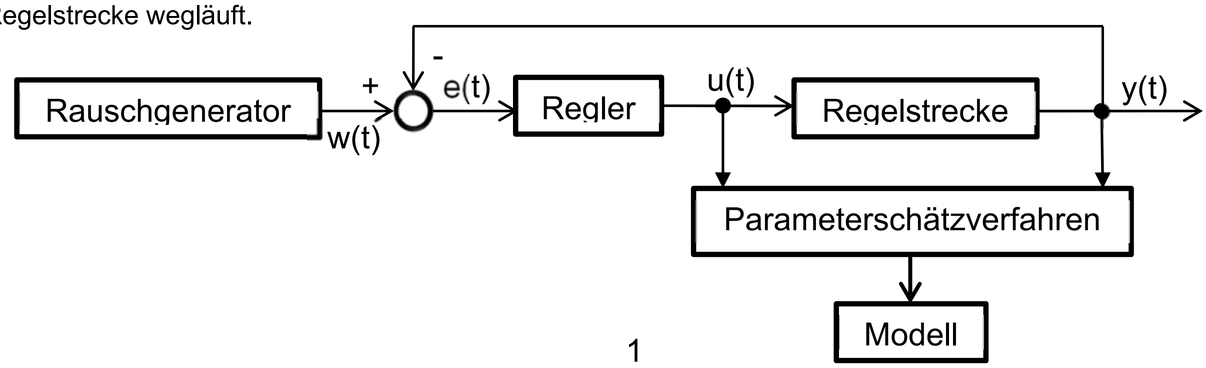


Bild 1.2: Closed-loop-Identifikation.

1.2 Optimaler Reglerentwurf und Parametrierung eines PIDT1-Reglers
(Wiederholung)

Zur Optimierung der Regelparameter steht das Programm PIDT1Opt zur Verfügung. In der Eingabemaske unter ‚Plant Description' im Bild 1.3 kann sowohl die kontinuierlich Übertragungsfunktion im s-Bereich als auch die zeitdiskrete Übertragungsfunktion im z-Bereich von der Regelstrecke eingegeben werden.

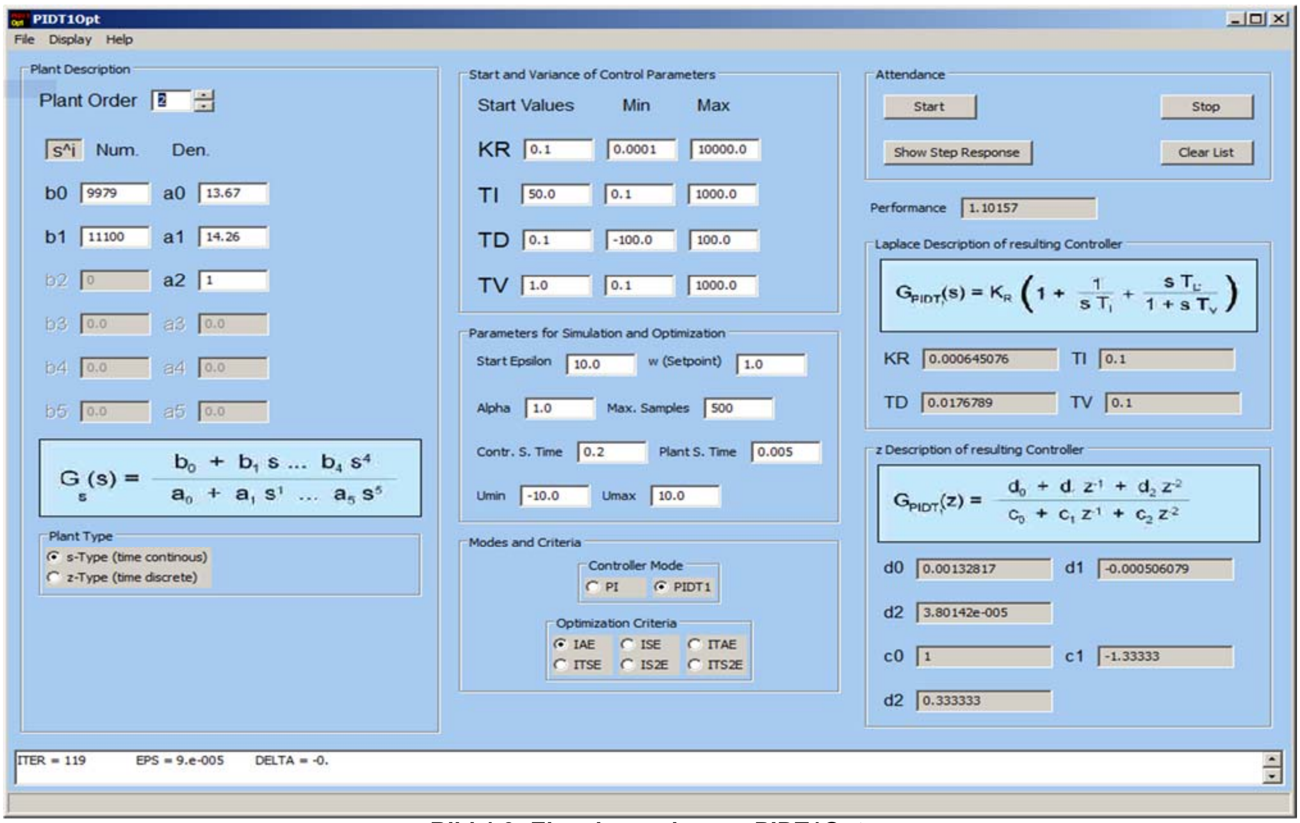


Bild 1.3: Eingabemaske von PIDT1Opt.

Startwerte sowie Minimal- und Maximalwerte der Regelparameter sollten angegeben werden. Hierbei können ein PI-Regler oder ein PIDT1-Regler zum Entwurf ausgewählt werden.

Ein PIDT1-Regler lässt sich mit der Übertragungsfunktion

$$G_{R\_PIDT1}(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_R\,(1 + \frac{1}{T_I s} + \frac{T_D s}{T_V s + 1})$$

beschreiben. Für den Spezialfall, dass $T_D = 0$ wird, handelt es sich um einen PI-Regler, der durch die Übertragungsfunktion

$$G_{R\_PI}(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_R\,(1 + \frac{1}{T_I s})$$

beschrieben wird.
Auch eine Stellgrößenbegrenzung kann über die Angaben ‚Umin' und ‚Umax' berücksichtigt werden. Nach der Betätigung der Taste ‚Start' oben rechts werden die optimalen Regelparameter nach dem ausgewählten Optimierungskriterium auf der rechten Seite der Maske im s-Bereich und im z-Bereich ausgegeben. Im Hintergrund dieser Eingabemaske wird ein Optimierungsalgorithmus aufgerufen.

1.2.1 Optimierungskriterien (Wiederholung)

Bei numerischen Optimierungsverfahren wird ein Gütefunktional benötigt. Die zu optimierenden Parameter werden nach einem bestimmten Verfahren im gegebenen Bereich ausgewählt und verschiedene Kombinationen der Parameter werden berücksichtigt. Das Gütefunktional wird zu jeder Auswahl der Parameterkombination berechnet und verglichen. Die Kombination der Parameter, mit der das Gütefunktional am kleinsten ist, wird als optimale Regelparameter ausgegeben. In der folgenden Tabelle werden die am häufigsten verwendeten Gütekriterien aufgelistet, wobei α die Gewichtung der Stellgröße darstellt.

Name des Gütekriteriums :	Abkürzung:	Berechnung :
Integral of absolute value of error (Absolute Regelfläche)	IAE	$J = \int_0^\infty \lvert e(t)\rvert + \alpha \lvert u(t)\rvert \; dt$
Integral of squared value of error (Quadratische Regelfläche)	ISE	$J = \int_0^\infty e^2(t) + \alpha u^2(t) \; dt$
Integral of time multiplied absolute value of error (Zeitbeschwerte absolute Regelfläche)	ITAE	$J = \int_0^\infty t(\lvert e(t)\rvert + \alpha \lvert u(t)\rvert) \; dt$
Integral of time multiplied squared value of error (Zeitbeschwerte quadratische Regelfläche)	ITSE	$J = \int_0^\infty t(e^2(t) + \alpha u^2(t)) \; dt$

1.2.2 Grundsätzliches zum Optimierungsverfahren (Wiederholung)

Numerische Optimierungsverfahren haben das Problem, dass es keine Garantie gibt, dass wirklich das absolute Minimum sondern stattdessen nur ein lokale Minima - also suboptimale Parameter – gefunden werden. Bild 1.4 veranschaulicht diese Situation anhand eines Parameters (K_R) von verschiedenen Regelparametern. Eine Variation der Anfangsschrittweite und der Startwerte der Regelparameter kann hier weiterhelfen.

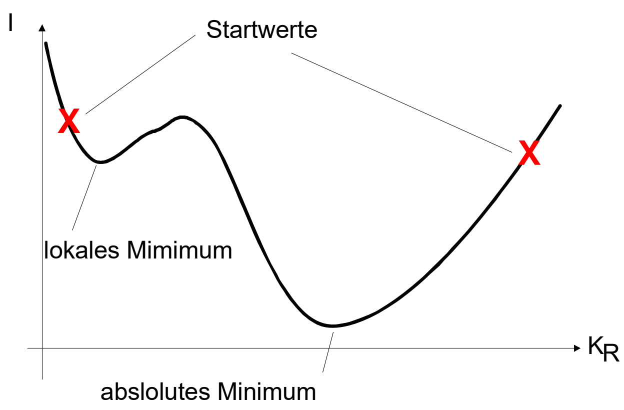


Bild 1.4: Verlauf eines Gütefunktionals / Zum Problem lokaler Minima.

Die Anfangsschrittweite ist in der Eingabemaske unter ‚Start Epsilon' einstellbar. Die Startparameter des Reglers sollten zumindest zu einem stabilen Verhalten des geschlossenen Regelkreises führen. Entwürfe bei denen viele Parameter an die einstellbaren Parametergrenzen (Min / Max) stoßen, sollten verworfen werden.

1.3 Stationäres Verhalten des Regelkreises mit einem I-Anteil in der Regelstrecke

Im Folgenden soll zunächst die Wirkung eines integralen Anteils eines Übertragungsgliedes im Regelkreis diskutiert werden. Hierzu wird ein Regelkreis nach Bild 1.5 betrachtet.

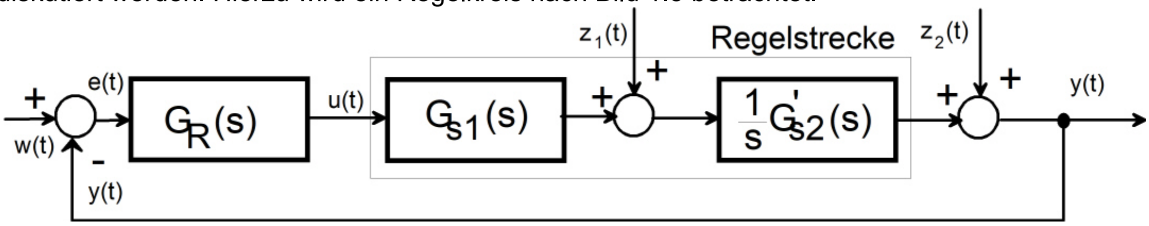


Bild 1.5: Regelkreis mit einem integralen Anteil in der Regelstrecke

Die Regelstrecke besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil weist ein P-Verhalten mit einer Verstärkung K_{s1} auf und der zweite Teil der Regelstrecke soll nun als einziger einen integralen Anteil aufweisen. Es gilt also:

$$G_{s2}(s) = \frac{1}{s} G'_{s2}(s), \tag{1}$$

wobei $G'_{s2}(s)$ eine Verstärkung K_{s2} besitzt.

Nach den Grenzwertsätzen berechnet sich der Grenzwert der Regelgröße zu:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s) \tag{2}$$

1.3.1 Das Führungsverhalten des Regelkreises mit einem I-Anteil in der Regelstrecke

Eine sprungförmige Führungsgröße $w(t) = \hat{w}\,\sigma(t)$ wirkt über die Übertragungsfunktion

$$G_w(s) = \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_R(s)G_{s1}(s)\,\frac{1}{s}G'_{s2}(s)}{1 + G_R(s)G_{s1}(s)\,\frac{1}{s}G'_{s2}(s)} = \frac{G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}{s + G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)} \tag{3}$$

Damit ergibt sich

$$Y(s) = G_w(s)W(s) = \frac{G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}{s + G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}\,\hat{w}\,\frac{1}{s} \tag{4}$$

Eingesetzt in Gl(2) ergibt sich für den Endwert der Regelgröße

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s) = \lim_{s\to 0} s\,\frac{G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}{s + G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}\,\hat{w}\,\frac{1}{s} = \lim_{s\to 0}\frac{G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}{s + G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}\,\hat{w} \tag{5}$$

Ein P-Regler mit der Verstärkung K_R wird eingesetzt. Führt man entsprechende Verstärkungsfaktoren für die Teile der Übertragungsfunktionen ein, so erhält man:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s) = \lim_{s\to 0}\frac{G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}{s + G_R(s)G_{s1}(s)\,G'_{s2}(s)}\,\hat{w} = \frac{K_R\,K_{s1}\,K_{s2}}{K_R\,K_{s1}\,K_{s2}}\,\hat{w} = \hat{w} \tag{6}$$

Die Regelgröße im stationären Verhalten ist gleich der Führungsgröße. Ein P-Regler ist geeignet für Regelstrecken mit einem I-Anteil bezüglich der Sollwertfolge bzw. des Führungsverhaltens.

1.3.2 Das Störverhalten des Regelkreises mit einem I-Anteil in der Regelstrecke

Fall I: Die Störung wirkt zwischen den zwei Teilen der Regelstrecke.

Eine sprungförmige Störung $z_1(t) = \hat{z}_1\, \sigma(t)$ wirkt über die Übertragungsfunktion

$$G_{z_1}(s) = \frac{Y(s)}{z_1(s)} = \frac{\frac{1}{s} G'_{s2}(s)}{1 + G_R(s) G_{s1}(s)\, \frac{1}{s} G'_{s2}(s)} = \frac{G'_{s2}(s)}{s + G_R(s) G_{s1}(s)\, G'_{s2}(s)} \tag{7}$$

Damit ergibt sich

$$Y(s) = G_{z_1}(s) z_1(s) = \frac{G'_{s2}(s)}{s + G_R(s) G_{s1}(s)\, G'_{s2}(s)}\; \hat{z}_1\, \frac{1}{s}$$

Eingesetzt in Gl(2) ergibt sich für den Endwert der Regelgröße

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s) = \lim_{s\to 0} \frac{G'_{s2}(s)}{s + G_R(s) G_{s1}(s)\, G'_{s2}(s)}\; \hat{z}_1 \tag{8}$$

Ein P-Regler mit der Verstärkung K_R wird eingesetzt. Führt man entsprechende Verstärkungsfaktoren für die Teile der Übertragungsfunktionen ein, so erhält man:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s) = \frac{K_{s2}}{K_R\, K_{s1}\, K_{s2}} \hat{z}_1 = \frac{1}{K_R\, K_{s1}} \hat{z}_1 \tag{9}$$

Dies entspricht einer bleibenden Regelabweichung in dieser Größe, die abhängig von den Verstärkungsfaktoren K_R und K_{s1} ist. Um diese Regelabweichung bzw. die Störung z_1 vollständig zu kompensieren wird ein PI-Regler oder ein I-Anteil im Regler notwendig.

Fall II: Die Störung wirkt direkt auf den Ausgang der Regelstrecke.

Anders sieht die Situation aus, wenn die Störung $z_2(t) = \hat{z}_2\, \sigma(t)$ eingreift. Es ergibt sich dann die folgende Übertragungsfunktion:

$$G_{z_2}(s) = \frac{Y(s)}{z_2(s)} = \frac{1}{1 + G_R(s) G_{s1}(s)\, \frac{1}{s} G'_{s2}(s)} = \frac{s}{s + G_R(s) G_{s1}(s)\, G'_{s2}(s)} \tag{10}$$

Ein P-Regler mit der Verstärkung K_R wird eingesetzt. Mit dem entsprechenden Verlauf der Störung in die Grenzwertsätze eingesetzt folgt:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} sY(s) = \lim_{s\to 0} s \frac{s}{s + G_R(s) G_{s1}(s)\, G'_{s2}(s)} \hat{z}_2\, \frac{1}{s} = \lim_{s\to 0} \frac{s}{s + G_R(s) G_{s1}(s)\, G'_{s2}(s)} \hat{z}_2 = \frac{0}{K_R\, K_{s1}\, K_{s2}} \hat{z}_2 = 0 \tag{11}$$

Es gibt also keine bleibende Regelabweichung. Ein P-Regler ist hierfür geeignet.

Grundsätzlich lässt sich folgender Merksatz für das Störverhalten des Regelkreises festhalten:

Wenn vom Eingriffspunkt der Störung aus in Richtung des Soll-Istwertvergleiches betrachtet ein Übertragungsglied (Regler, Teil der Regelstrecke) liegt, das einen Integralanteil aufweist, dann wird diese Störung vollständig - dh. ohne bleibende Regelabweichung ausgeregelt. Anderenfalls bleibt stationär eine Regelabweichung erhalten, deren Größe von der Größe der Störung und von den Verstärkungsfaktoren im Vorwärtszweig des Regelkreises abhängt.

2 Beschreibung und Aufgaben des Versuches

Für diesen Praktikumsversuch wird ein Füllstandsbehältersystem betrachtet. Die Niveauregelung wird berücksichtigt, wobei die Stellgröße die Eingangsspannung der Pumpe und die Regelgröße der Füllstand des Behälters ist.

2.1 Identifikation bzw. Modellbildung des Füllstandsbehälters

Der Prozess, der im Praktikum identifiziert werden soll, ist ein Füllstandsbehältersystem, siehe Bild 2.1.

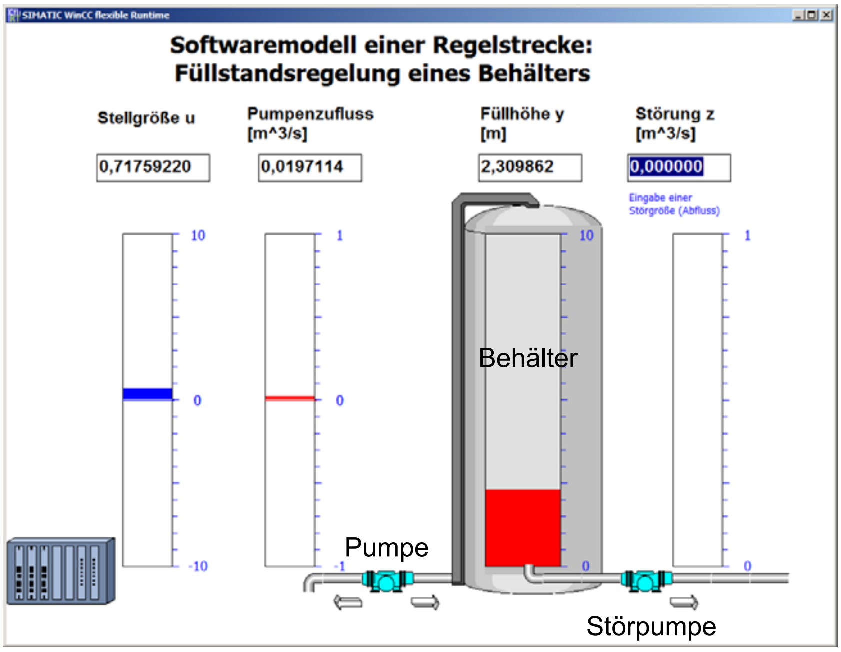


Bild 2.1: Softwaremodell der Regelstrecke.

Die Regelstrecke ergibt sich durch die Hintereinanderschaltung beider Teilsysteme (eine Pumpe und ein Behälter), und stellt ein IT1-Glied dar, siehe Bild 2.2. Der Prozess/die Regelstrecke wird auf einer SPS simuliert. Eine zweite SPS wird für die Signalaufnahme der Systemidentifikation und die Realisierung der Regelung verwendet.

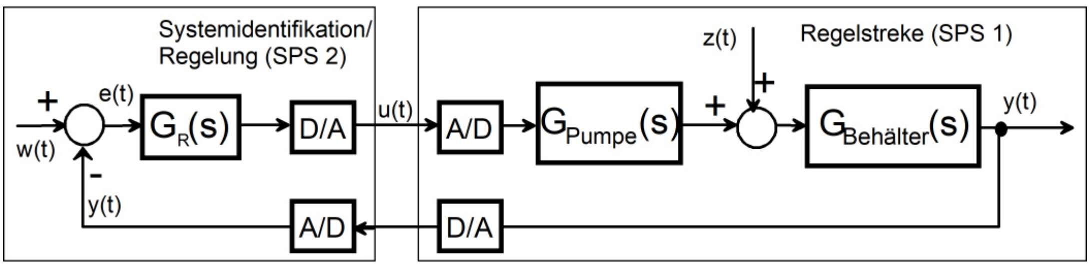


Bild 2.2: Regelkreis der Niveauregelung.

Die Pumpe kann durch ein PT_1-System der Form

$$G_{Pump}(s) = \frac{K_{pump}}{1 + s\,T_{pump}} \tag{12}$$

dargestellt werden. Der Behälter wird durch ein I-System der Form

$$G_{Beh}(s) = \frac{1}{s\,A} \tag{13}$$

beschrieben. Hierbei stellt A die Grundfläche des Behälters dar. Die Verstärkungsfaktor K_{pump} ist durch eine stationäre Messung zu

$$K_{pump} = 0{,}05\ {}^{m^3}/_{s} \tag{14}$$

bestimmt worden.

Durch die Systemidentifikation sollen die beiden unbekannten Parameter T_{pump} und A, sowie die sich ergebende Gesamtübertragungsfunktion der Regelstrecke bestimmt werden.

Die Stellgröße $u(t)$, die Eingangsspannung der Pumpe, und die Regelgröße $y(t)$, der Füllstand im Behälter, sollen gemessen werden, damit das Parameterschätzverfahren für die Systemidentifikation in Matlab durchgeführt/angewendet werden kann. Bild 2.3 zeigt, wie die gemessenen Signale aussehen könnten.

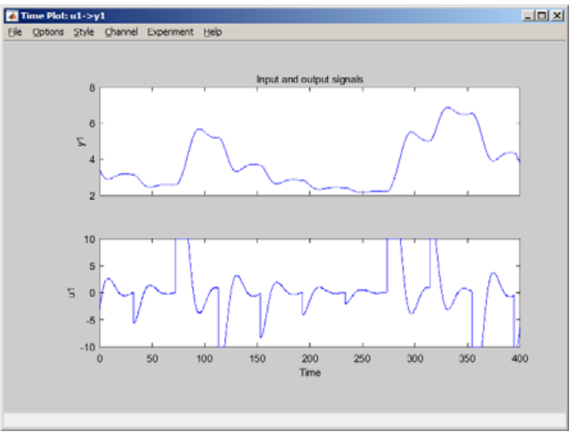


Bild 2.3: Gemessene Signale des zu untersuchenden Prozesses.

<u>Aufgaben:</u>

1. In diesem Abschnitt des Versuches wird der Mechanismus der Systemidentifikation im Bild 1.2 implementiert. Der Prozess/Füllstandsbehältersystem wird auf einer SPS simuliert. Mithilfe einer vorhandenen Vorlage auf der zweiten SPS werden die Signalverläufe der Stellgröße $u(t)$ und der Regelgröße $y(t)$ in eine Textdatei aufgezeichnet, siehe Anhang.

2. Die Parameterschätzung erfolgt mit dem Software-tool MATLAB. Eine Anleitung finden Sie im Anhang. Durch die Systemidentifikation wird die Übertragungsfunktion der Regelstrecke in dieser Form
$$G_m(s) = \frac{b_0}{s^2 + a_1 s + a_0} \approx \frac{b_0}{s^2 + a_1 s} \tag{15}$$
bestimmt. Der Koeffizienten $a_0 \approx 0$ kann in diesem Versuch für die betrachtete Regelstrecke vernachlässigt werden. Somit ergibt sich hierfür ein IT_1-Glied.

3. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion der Regelstrecke $G_s(s)$ mit den Übertragungsfunktionen aus Gln. (12) und (13) sowie Gl (14). Vergleichen Sie $G_s(s)$ mit der Darstellung $G_m(s)$ in (15). Bestimmen Sie die Parameter T_{Pump} und A durch Koeffizientenvergleich.

4. Die Vorgehensweise und Zwischenergebnisse der Identifikation sowie die identifizierte Übertragungsfunktion sollten dokumentiert werden.

2.2 Reglerentwurf für die Niveauregelung des Behältersystems

Im Folgenden soll die Wirkung eines Reglers mit und ohne Störung, nämlich hinsichtlich des Führungs- und Störverhaltens, auf das Behältersystem untersucht werden. Betrachtet man nun den Regelkreis im Bild 2.2 und die Diskussion im Absatz 1.3. Da die Regelstrecke einen I-Anteil aufweist, wird ein P-Regler ausreichend für eine Sollwertfolge und das Führungsverhalten. Wie aus Bild 2.2 ersichtlich ist, ist die Störung $z(t)$ für die dem Versuch zugrundeliegende Regelstrecke vergleichbar mit der Störung $z_1(t)$ im Bild 1.5. Gemäß dem Merksatz wird die Störung vollständig kompensiert, wenn der Regler einen integralen Anteil aufweist, da in der Regelstrecke der integrale Anteil im Behälter, nicht aber in der Pumpe vorhanden ist. Bezüglich des Störverhaltens wird ein I-Anteil im Regler notwendig.

<u>Aufgaben:</u>

1. Es sollen nun zunächst ein PIDT1-Regler mithilfe des Programms PIDT1OPT im Abschnitt 1.2 entworfen werden. Dafür wird die identifizierte Übertragungsfunktion vom Abschnitt 2.1 als Modell der Regelstrecke benötigt, die in der Eingabemaske unter ‚Plant Description' eingetragen wird.

2. Der PIDT1-Regler mit den optimierten Parametern soll implementiert und getestet werden und das Führungsverhalten (Niveauregelung ohne Störung) sowie das Störverhalten (Niveauregelung mit Störung) sollen beobachtet und dokumentiert werden.

3. Die Ergebnisse aus Aufgabe 2. sollten diskutiert werden. Falls es bleibende Regelabweichung im Störverhalten zu sehen ist, sollte erneut einen PIDT1-Regler entworfen werden, indem der I-Anteil im Regler durch geeignete Auswahl der Grenzen für den Parameter T_I definitiv große Wirkung hat. Der neue PIDT1-Regler sollte auch für Niveauregelung mit und ohne Störung getestet werden.

3 Vorbereitungsfragen

Systemidentifikation/Behältersystem

- Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion der Regelstrecke(des Behältersystems) mit den Übertragungsfunktionen aus Gln. (12) und (13) sowie Gl (14).
- Klassifizieren Sie die Regelstrecke, z. B. das System hat ein PT1- oder PT2-, oder IT1-Verhalten. Begründen Sie Ihre Antwort.
- Ist das zu identifizierende System stabil, grenzstabil, instabil? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Sollte eine Open-Loop-Identifikation oder eine Closed-Loop-Identifikation eingesetzt werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

Einfacher PIDT1-Regler

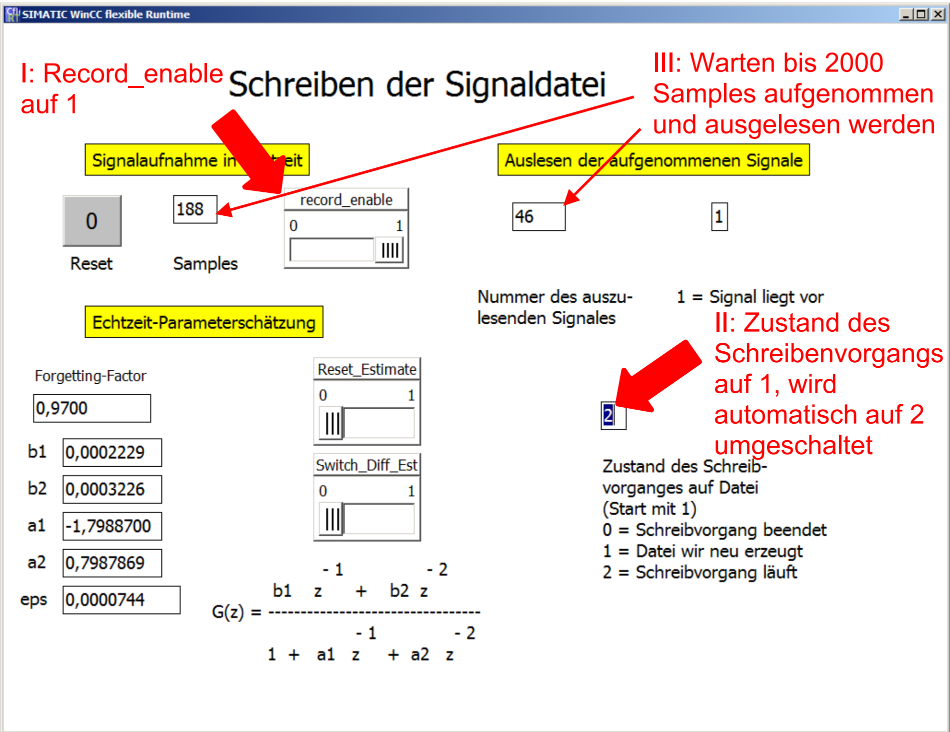
- Wie wird ein PIDT1-Regler im Frequenzbereich beschrieben? Wo befinden sich die P-, I- und DT1-Anteile?
- Wie funktionieren die P-/I- und D-Anteile im Regler? Welche Vorteile haben die unterschiedlichen Anteile?

Reglerentwurf

- Wie berechnet man das Führungsverhalten eines Regelkreises, wenn die Übertragungsfunktionen $G_R(s)$ und $G_s(s)$ bekannt sind?
- Wie berechnet man das Störverhalten eines Regelkreises, wenn die Übertragungsfunktionen $G_R(s)$ und $G_s(s)$ bekannt sind und die Störung zwischen dem Regler und der Regelstrecke das System eingreift? Hinweis: Zeichnen Sie zuerst das Blockschaltbild des Regelkreises.
- Für gutes Führungsverhalten: wenn die Führungsgröße einem Einheitssprung $\sigma(t)$ entspricht, wie groß soll die Regelgröße $y(t)$ im stationären Verhalten sein? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Für gutes Störverhalten: wenn die Störgröße einem Einheitssprung $\sigma(t)$ entspricht, wie groß soll die Regelgröße $y(t)$ im stationären Verhalten sein? Begründen Sie Ihre Antwort.

Anlage zum Praktikumsversuch:

Bedienoberfläche für die Signalaufnahme zur Systemidentifikation

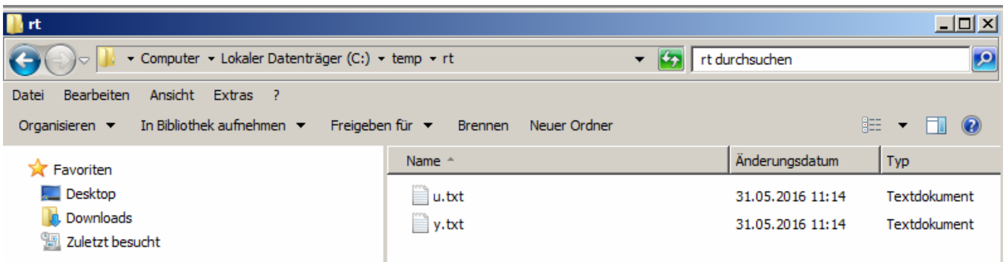


Bedienung des Programms Matlab zur Systemidentifikation

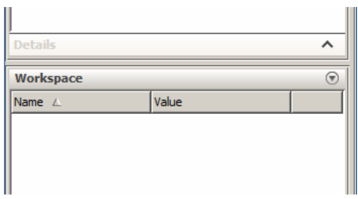
1.) Start des Programms MATLAB

2.) Zu identifizierende Systemdaten der Regelstrecke laden

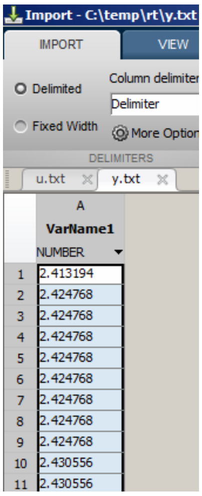
Die Signaldateien befinden sich hier:

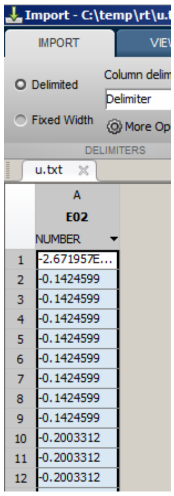


Man zieht sie einfach mit der Maus in die linke untere Ecke des MATLAB-Hauptfensters.

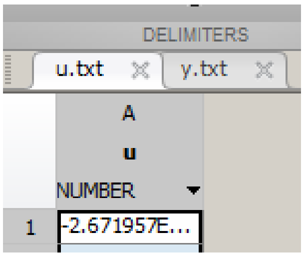


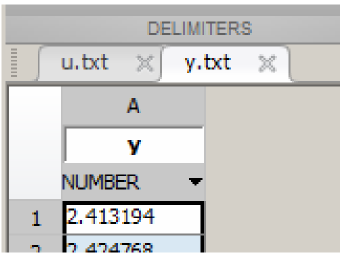
Dabei öffnet sich ein Importfenster mit der Stellgröße u(t) und der Regelgröße y(t)



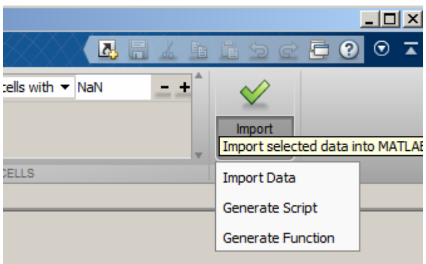


Vor dem eigentlichen Import sollten noch die gebräuchlichen Signalbezeichner u und y eingetragen werden.

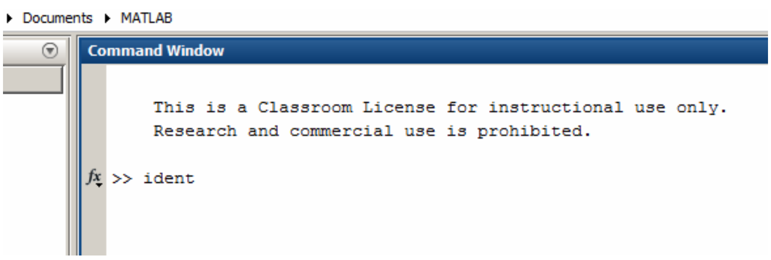




Importiert werden die Daten über das Untermenü ‚Import Data'.

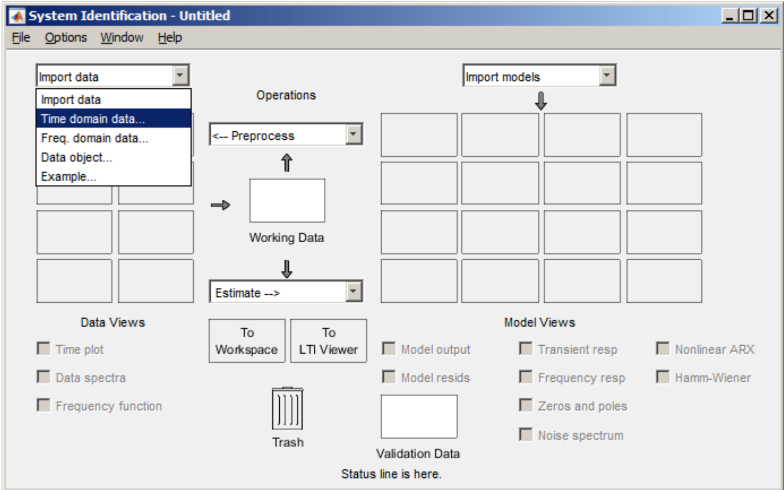


Das Tool für die Parameterschätzverfahren wird vom Hauptfenster über das Kommando ‚ident' gestartet.

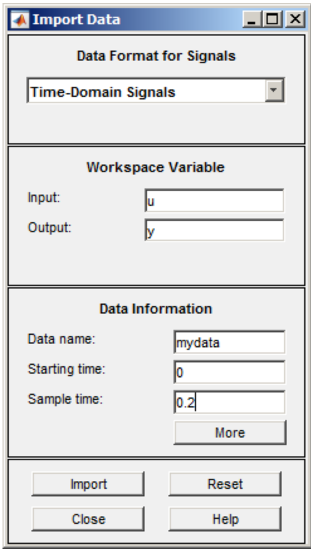


3.) Systemidentifikationstool „ident“ im MATLAB Command Window aufrufen

Es erscheint die folgende Oberfläche



4.) Zu identifizierende Daten in „ident“ einlesen
Hier werden die Signaldaten unter dem Menü ‚Import data->Time domain data' importiert. In dem sich öffnenden Fenster sind die Signalnamen, die Startzeit und die Abtastzeit korrekt einzutragen.



<u>Eingaben in „Import Data Fenster:</u>

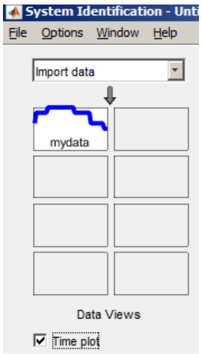
‚Time-Domain-Signals'

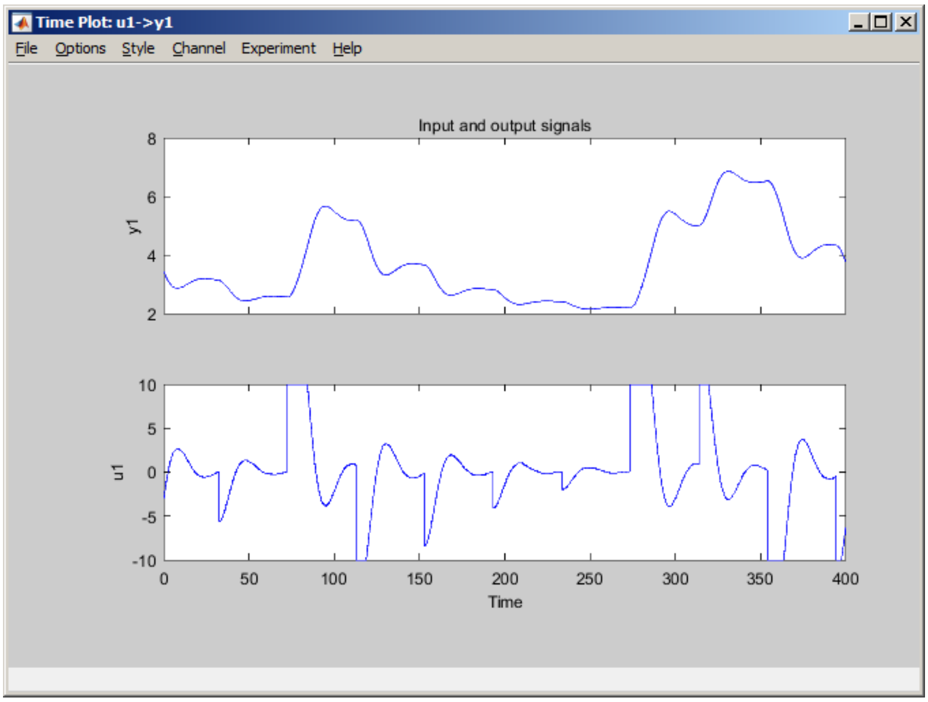
Input: u

Output: y

Samp. Interv.: 0.2

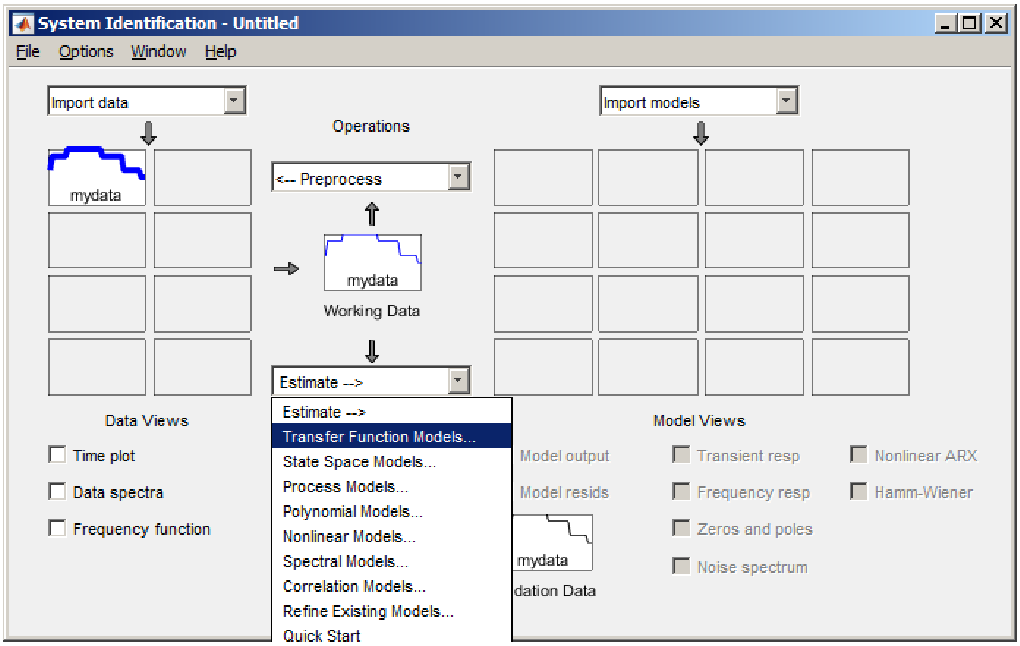
Die Signale kann man sich auch nach Anklicken der Checkbox ‘Time plot’ anschauen.



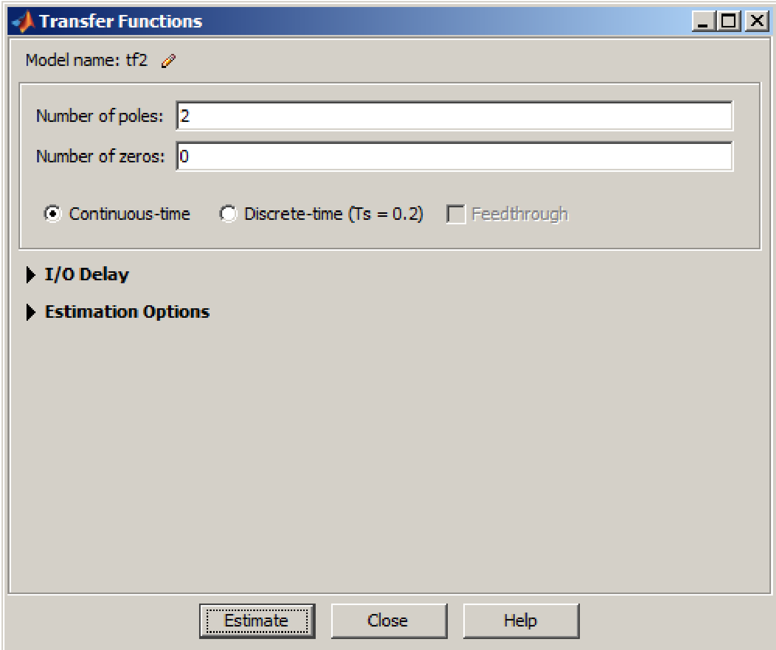


5.) Daten identifizieren (mathematisches Modell bilden)

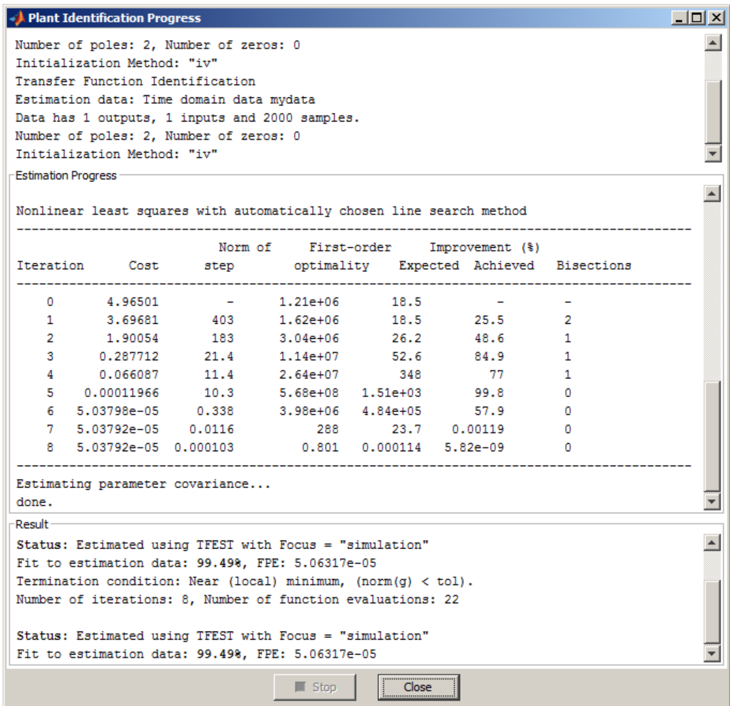
Mit Hilfe des Untermenüs ‚Estimate->Transfer Function Models’ kann die Parameterschätzung eingeleitet werden.



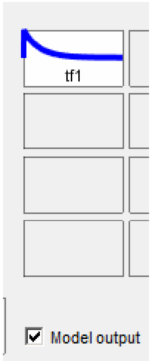
Im folgenden Fenster



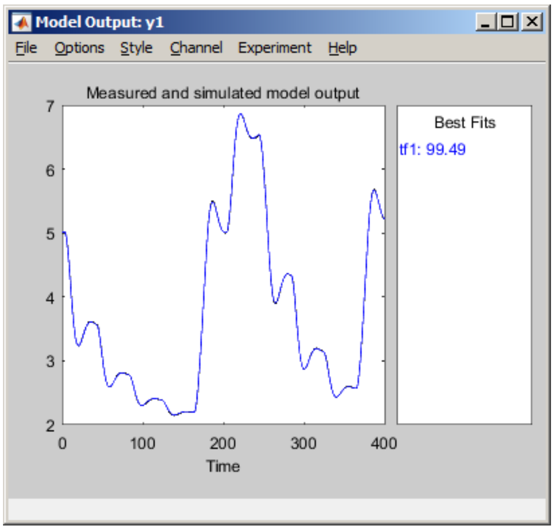
soll die Anzahl der Pole zu 2 (System ist 2. Ordnung) und die der Nullstellen zu 0 gewählt werden. Das Anwählen des Radiobuttion ‚Continuous time' führt dazu, dass das geschätzte System im s-Bereich angezeigt wird, so wie es auch geschätzt wurde. Mit dem Button ‚Estimate' wird die Schätzung gestartet und der Fortschritt durch folgendes Fenster dokumentiert.



Die geschätzte Übertragungsfunktion ‚tf1' erscheint nun in der Liste der bisher geschätzten Systeme. Durch Anklicken der Checkbox ‚Model output'

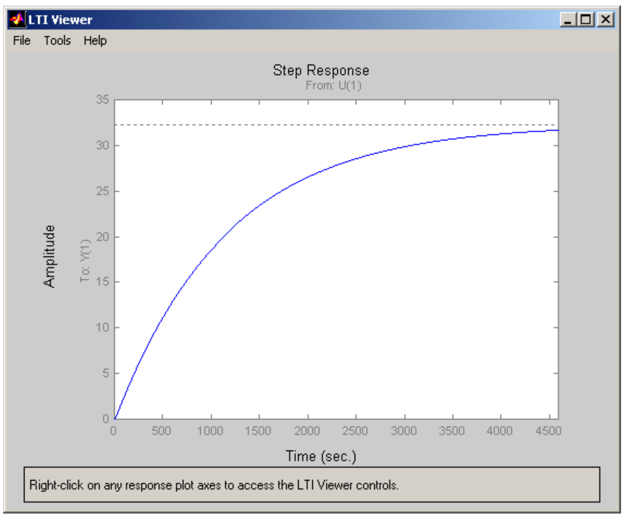


kann der gemessene Verlauf des Ausgangssignals y(t) (schwarz) mit dem des geschätzten Modells $y_m(t)$ (hier blau) verglichen werden, um zu beurteilen, wie gut das geschätzte System dem realen System entspricht.

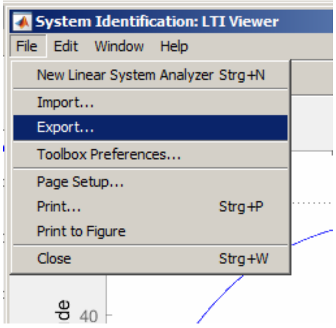


6.) Identifiziertes Modell im LTI-Viewer betrachten und in den Matlab-Workspace exportieren.

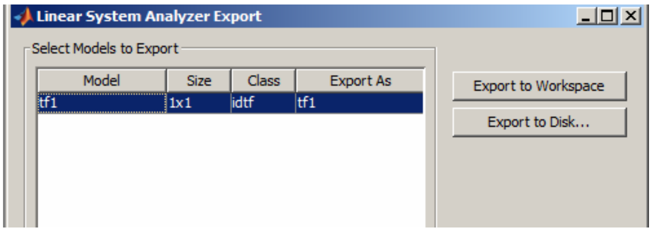
Modell mit der Maus in den LTI-Viewer ziehen



Im LTI Viewer ➔ File ➔ Export.



Und dann das Modell ‘tf1’ markieren und Export to ‘Workspace’ klicken.



7.) Identifiziertes Modell im MATLAB Command Window aufrufen

Im Hauptfenster kann dann durch Eintippen von ‚tf1’ die geschätzte Übertagungsfunktion dargestellt werden.

```
tf1 =

  From input "u1" to output "y1":

         0.004857

  -------------------------

  s^2 + 0.1941 s + 5.036e-06

 Name: tf1

Continuous-time identified transfer function.
```

<u>Hinweis:</u>

Die Ergebnisse aus der Identifikation der Regelstrecke werden für die folgenden Praktikumsversuche benötigt.

Bitte bringen Sie Ihr Versuchsprotokoll für die Durchführung der nächsten Versuche mit.