

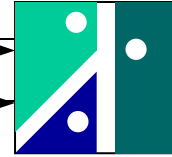
Modellbildung und Simulation WS 13/14
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - selbstständige Lösung
 - keine weiteren Einschränkungen

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Modellbildung und Simulation
 Prüfung 20.01.2014

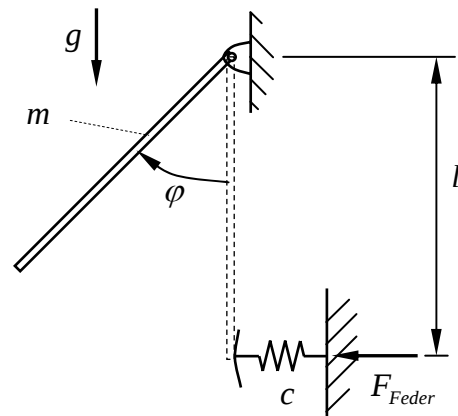
Hinweis zum Abspeichern: Die abzuspeichernden Ergebnisdateien beginnen mit den sechs Buchstaben *nnnvvv*. Dabei steht *nnn* für die ersten drei Buchstaben des Nachnamens und *vvv* für die ersten drei Buchstaben des Vornamens.

Aufgabe 1 (14P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.slx*

Der um den Winkel φ_0 gegenüber der Vertikalen ausgelenkte dünne, homogene Stab wird zum Zeitpunkt $t = 0$ losgelassen und bewegt sich nach unten. In der unteren Position (bzw. für $\varphi \leq 0^\circ$) drückt der Stab gegen eine Feder. Dadurch wird der Stab im Folgenden wieder nach oben ausschlagen.

Für die Auslenkung des Stabes gilt:

$$\frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2 \cdot \ddot{\varphi} = -m \cdot g \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin(\varphi) + F_{\text{Feder}} \cdot l$$



Für kleine Einsenkungen der Feder gilt: $F_{\text{Feder}} = -c \cdot l \cdot \varphi$ wobei: $F_{\text{Feder}} \geq 0$

Berechnen Sie den Verlauf des Winkels φ für den Zeitraum $0 \leq t \leq 3s$! Geben Sie zunächst die Parameter in Matlab vor. Die weitere Aufgabe kann komplett in Simulink gelöst werden.

In dem Scope-Block soll $\varphi(t)$ [im Gradmaß] graphisch dargestellt werden. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1$ Millisekunde. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

Zahlenwerte:

$m = 8 \text{ kg}$; $l = 0,6 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $c = 8000 \text{ N/m}$; $\varphi(t = 0) = \varphi_0 = 45^\circ$

Aufgabe 2 (14P)

Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.slx*

Ein Einmassenschwinger wird durch folgende homogene Differentialgleichung beschrieben:

$$m \cdot \ddot{x} + b \cdot \dot{x} + c \cdot x = 0$$

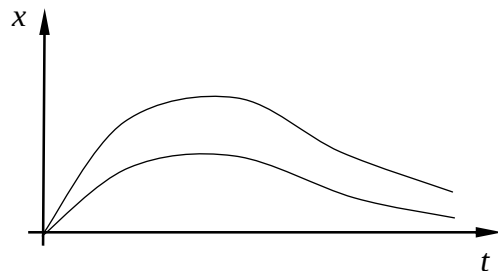
Die Anfangsauslenkung sei stets gleich Null. Für die Anfangsgeschwindigkeit sollen verschiedene vorgegebene Werte untersucht werden.

Untersucht werden sollen folgende Anfangsgeschwindigkeiten:

$\dot{x}(t=0) = \dot{x}_0 \text{ [m/s]}$	-2	-1	0	1	2
--	----	----	---	---	---

Die Zahlenvorgabe soll in MATLAB erfolgen. Die Lösung der Differentialgleichung ist in SIMULINK zu lösen. Die graphische Darstellung der Schwingungen erfolgt dann wieder in MATLAB.

Alle Schwingungsverläufe sollen in MATLAB zusammen in einem Bild (plot) dargestellt werden. Beispielhaft ist dies mit zwei Schwingungsverläufen dargestellt:



Zahlenwerte: $m = 200 \text{ kg}$; $b = 1000 \frac{\text{N}}{\text{m/s}}$; $c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

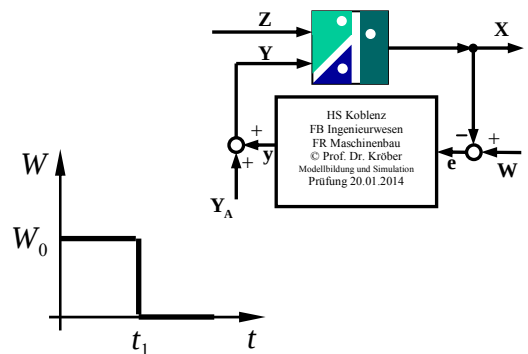
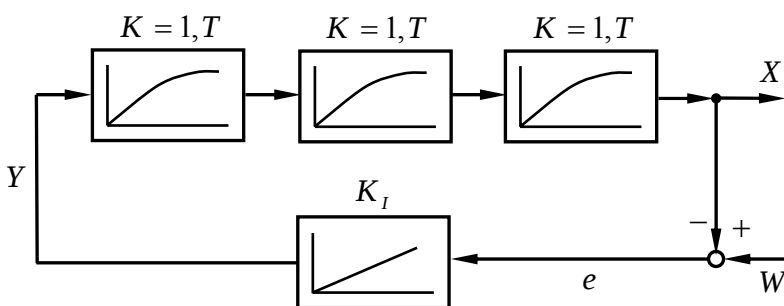
Berechnen Sie den Verlauf des Schwingweges x für den Zeitraum $0 \leq t \leq 5\text{s}$! Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 10$ Millisekunden. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

Aufgabe 3 (20P)

Ergebnisdateien → *nnnvvv3.m* und *nnnvvv3_sl.slx*

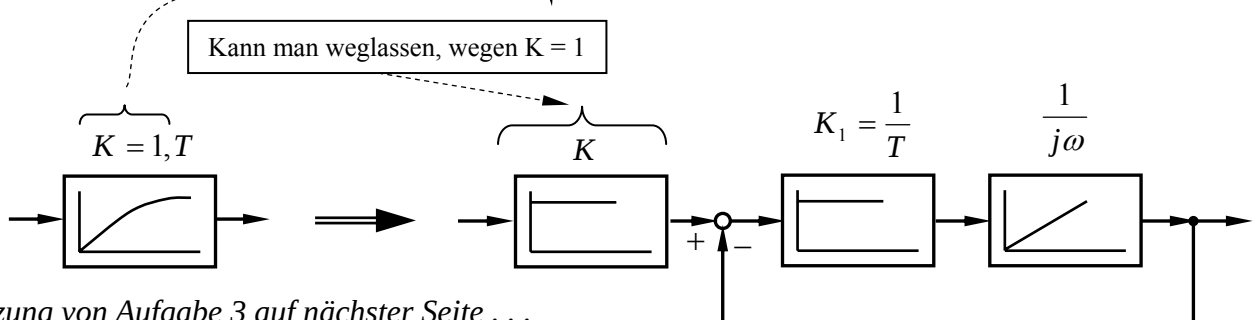
Der abgebildete Regelkreis besteht aus 3 gleichen PT_1 -Elementen und einem I-Regler. Zum Zeitpunkt $t=0$ sind alle veränderlichen Größen (bis auf die Regeldifferenz, die ist gleich Null) auf dem Wert W_0 . Neben dem Sollwert gilt dies insbesondere auch für die Größen Y und X sowie alle weiteren Elemente in der Regelstrecke. Dies wird durch Vorgabe der entsprechenden Anfangsbedingungen berücksichtigt.

Zum Zeitpunkt $t = t_1$ wird der Sollwert dann auf Null gesetzt.



Hinweis:

Da die Anfangsbedingungen zum Zeitpunkt $t=0$ nicht gleich Null sind, muss das PT_1 -Element wie folgt dargestellt werden:

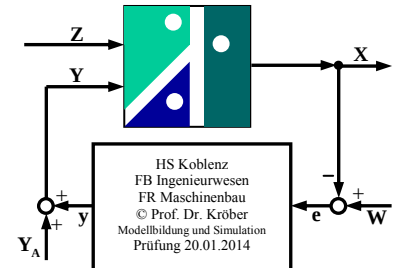


Fortsetzung von Aufgabe 3 auf nächster Seite ...

... Fortsetzung von Aufgabe 3

Die Zahlenvorgabe von t_{sim} , Δt , W_0 und t_1 soll in MATLAB erfolgen. Nach der Lösung in SIMULINK soll die graphische Darstellung des Verlaufes der Regelgröße X wieder in MATLAB erfolgen. Es muss nur der Verlauf der Regelgröße dargestellt werden. Die Simulationszeit soll $t_{\text{sim}} = 200$ Sekunden betragen. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 10$ Millisekunden. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

Weitere Zahlenwerte: $T = 5 \text{ s}$; $K_1 = 0,03 \text{ s}^{-1}$; $W_0 = 5$; $t_1 = 5 \text{ s}$



Aufgabe 4 (18P) Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*

Die folgende Aufgabe soll in einem Excel-Makro gelöst werden.

Einem Warmwasserbehälter wird zur Aufheizung elektrische Heizleistung zugeführt. Da der Warmwasserbehälter (völlig) unzureichend isoliert ist, gibt er mit ansteigender Temperatur auch Wärme an die Umgebung ab. Aufgrund einer Energiebilanz kann folgende Gleichung angegeben werden:

$$m \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = P_{\text{Heiz}} - k \cdot A \cdot (\vartheta - \vartheta_U) \quad \text{und daraus:} \quad m \cdot c \cdot \frac{\vartheta_{i+1} - \vartheta_i}{\Delta t} = P_{\text{Heiz}} - k \cdot A \cdot (\vartheta_i - \vartheta_U)$$

Hilfestellung: Aufgelöst nach ϑ_{i+1} ergibt sich:
$$\vartheta_{i+1} = \vartheta_i + \Delta t \cdot \frac{P_{\text{Heiz}} - k \cdot A \cdot (\vartheta_i - \vartheta_U)}{m \cdot c}$$

Erläuterung der Formelzeichen mit Angabe der Zahlenwerte (alles in SI-Einheiten):

Masse Wasserbehälter $m = 2,5 \text{ kg}$
 Spezifische Wärme Wasser $c = 4183 \text{ J/(Kg} \cdot \text{K)}$
 Heizleistung $P_{\text{Heiz}} = 2500 \text{ W}$
 Wärmedurchgangskoeffizient $k = 200 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
 Oberfläche $A = 0,3 \text{ m}^2$
 Umgebungstemperatur $\vartheta_U = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Die Anfangstemperatur sei so groß wie die Umgebungstemperatur. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird die Heizung eingeschaltet. Wählen Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 0,5$ Sekunden und berechnen Sie den Temperaturverlauf für die ersten 500 Sekunden. Dabei läuft der Laufindex i bis $i = 1000$.

Im Excel-Sheet sollen in der ersten Spalte die Zeit und in Spalte 2 die Werte für die Temperatur ausgegeben werden. Eine graphische Darstellung ist nicht erforderlich. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden.

Aufgabe 5 (18P) Ergebnisdatei → *nnnvvv5.vi*

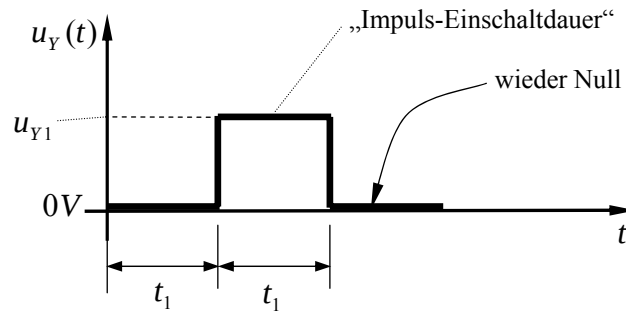
Grundsätzlich soll hier das gleiche Problem wie in Aufgabe 4 bearbeitet werden. Die Lösung soll in einem Formelknoten in LabVIEW gelöst werden. Das Ergebnis soll hier jedoch nicht numerisch, sondern in einem XY-Schrieb graphisch dargestellt werden. Dabei soll die Temperatur in Abhängigkeit der Zeit dargestellt werden.

Aufgabe 6 (16P) Ergebnisdatei → *nnnvvv6.vi*

Mit dem USB6008 ist durch das Steckmodul eine externe PT₂-Regelstrecke angeschlossen. Dabei wird die Stellgröße u_Y auf AnalogOutput1 ausgegeben und die Regelgröße u_X wird über AnalogInput3 eingelesen.

Zur Lösung dieser Ausgabe kann als Ausgangspunkt ein geeignetes vorhandenes Programm verwendet werden. Es ist nur "entsprechend" abzuändern.

Der Zeitschritt für die einzusetzende "while-Schleife" soll 100 ms betragen. Die Ausgangsspannung soll folgenden Verlauf haben:



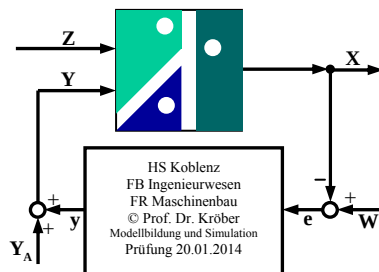
Die Ausgangsspannung ist zunächst gleich Null (ab dem ersten Durchlauf) und wird dann zum Zeitpunkt bei $t = t_1 = 2,5$ Sekunden auf den Wert $u_{Y1} = 5$ V verändert und danach wieder auf Null (siehe Skizze).

Die eingelesene Spannung u_X wird während der „Impuls-Einschaltdauer“ anwachsen und danach wieder abfallen. In einem numerischen Ausgabefenster soll die momentane Steigung von u_X ausgegeben werden.

Hilfestellung, bzw. nähere Erläuterung: $\dot{u}_X = \frac{u_{X \text{ aktuell}} - u_{X \text{ zuvor}}}{\Delta t}$ in $\left[\frac{\text{Volt}}{\text{Sekunde}} \right]$

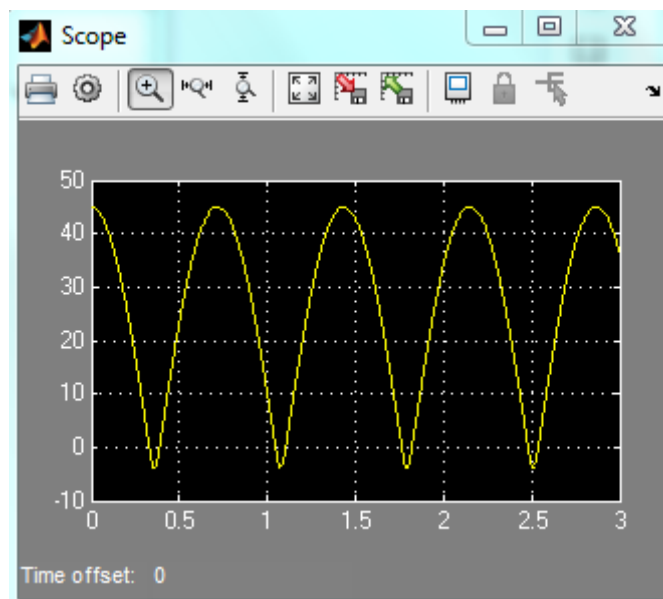
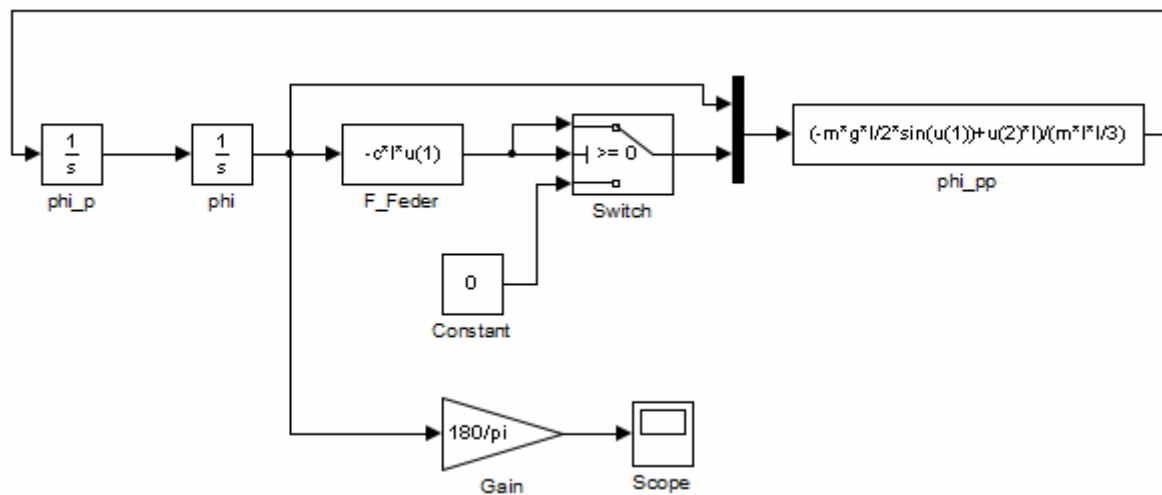
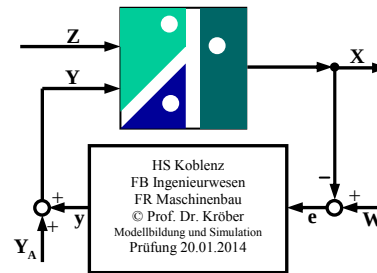
Ein Messschrieb mit u_Y und u_X ist nicht unbedingt erforderlich.

Das Programm kann zu einem Zeitpunkt $t \gg 2 \cdot t_1$ Sekunden z.B. durch Betätigen einer Stop-Schaltfläche beendet werden.



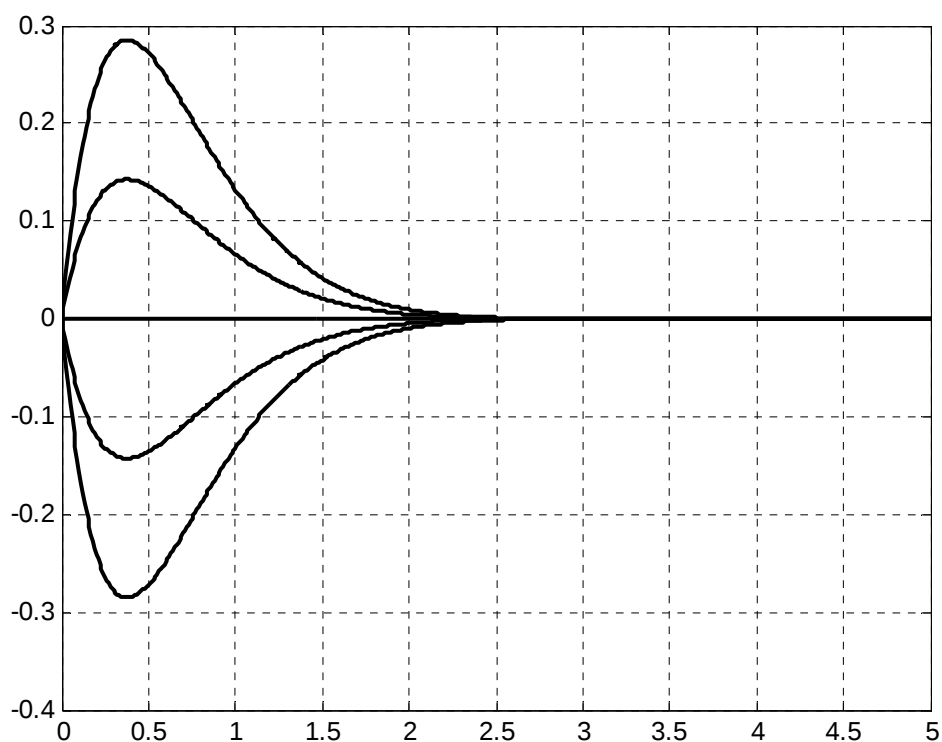
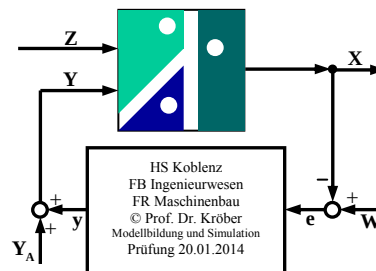
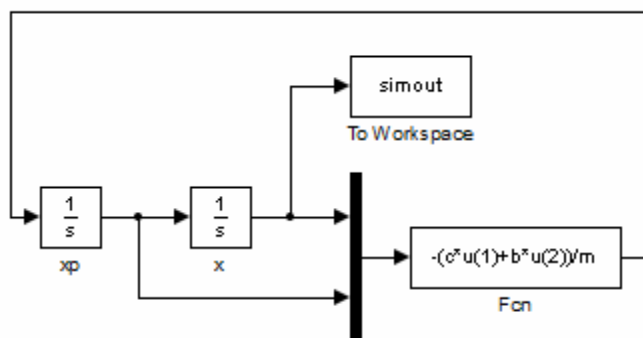
Prüfung 20.01.2014 / Lösung zur Aufgabe 1

```
clear;clc;
m=8;
l=0.6;
g=9.81;
c=8000;
phi0=45*pi/180;
tsim=3;
dt=0.001;
sim('krowoll1_sl'); % oder auch direkt
```



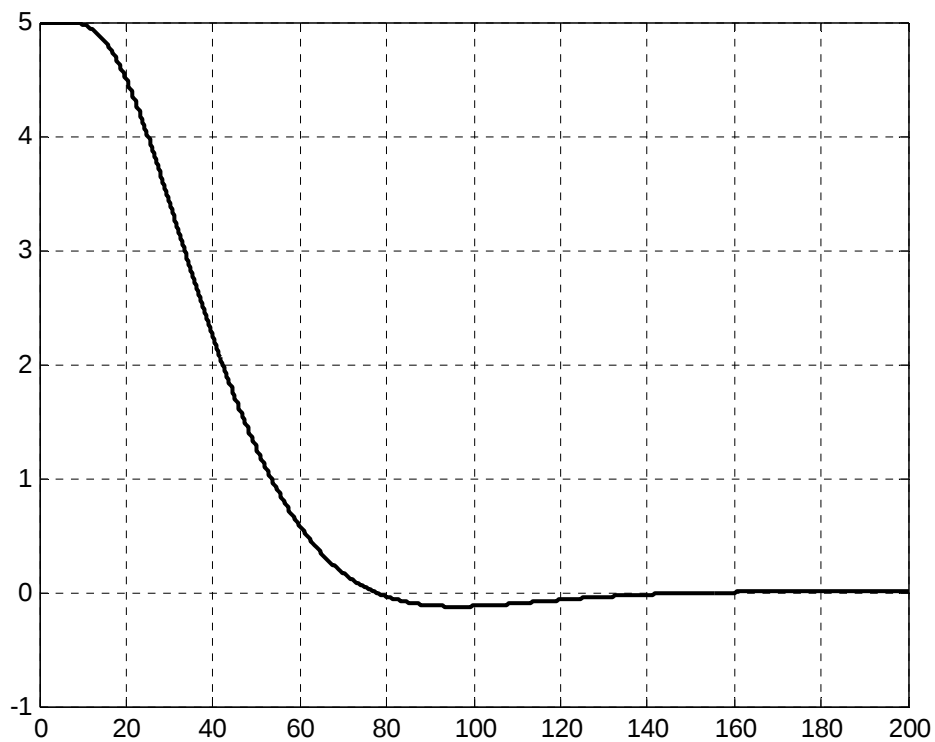
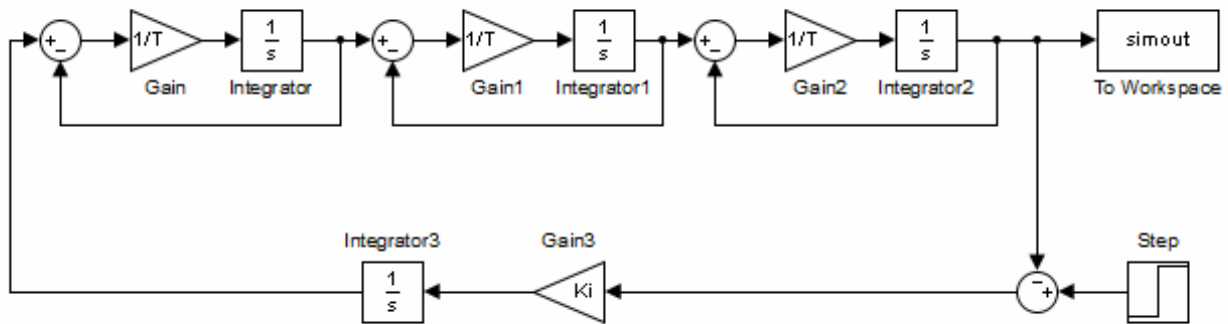
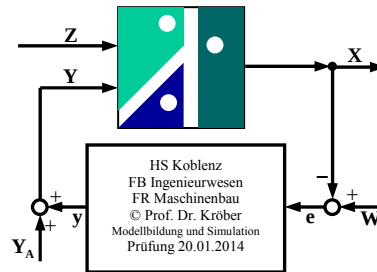
Prüfung 20.01.2014 / Lösung zur Aufgabe 2

```
clear;clc;
m=200;
b=1000;
c=1500;
tsim=5;
dt=0.01;
for k=1:5
    xp0=k-3;
    sim('krowol2_sl');
    plot(simout.time,simout.signals.values,'k','LineWidth',2);hold on;
end;
hold off;
grid;
```



Prüfung 20.01.2014 / Lösung zur Aufgabe 3

```
T=5;
Ki=0.03;
W0=5;
t1=5;
tsim=200;
dt=0.01;
sim('krowol3_sl');
plot(simout.time,simout.signals.values,'k','LineWidth',2);grid;
```



Prüfung 20.01.2014 / Lösung zur Aufgabe 4

```

Sub Makrol1()
'
' Makrol1 Makro
'
' Tastenkombination: Strg+y
'
    Dim tet(1000) As Double
    m = 2.5
    c = 4183
    PHeiz = 2500
    k = 200
    A = 0.3
    tetu = 20
    dt = 0.5

    tet(0) = tetu ' AB
    For i = 0 To 999
        tet(i + 1) = tet(i) + dt * (PHeiz - k * A * (tet(i) - tetu)) / (m * c)
    Next i

    For i = 0 To 1000
        Cells(i + 1, 1) = i * dt
        Cells(i + 1, 2) = tet(i)
    Next i
End Sub

```

