

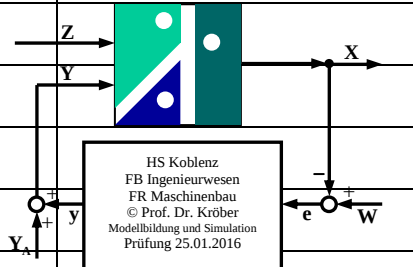
Modellbildung und Simulation WS 15/16
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

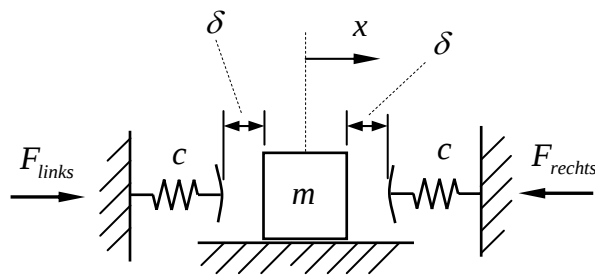
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



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 (16P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.slx*

Das abgebildete Schwingungssystem hat zur Zeit $t = 0$ keine Anfangsauslenkung, aber eine Anfangsgeschwindigkeit v_0 . Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf $x(t)$. Geben Sie die Daten in MATLAB ein und führen die Berechnung in SIMULINK durch. Die folgenden Ergebnisse sollen in MATLAB graphisch dargestellt werden. In einem oberen Teil des Plotes soll der Schwingweg über der Zeit dargestellt werden und im unteren Teil die Beschleunigung über dem Schwingweg. Die Simulationsdauer t_{sim} und die feste Schrittweite Δt werden in MATLAB vorgegeben. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.



Der Vorgang lässt sich durch folgende Gleichungen beschreiben:

$$m \cdot \ddot{x} = F_{links} - F_{rechts} \quad \begin{aligned} F_{rechts} &= c \cdot (x - \delta) \quad \text{wobei: } F_{rechts} \geq 0 \\ F_{links} &= -c \cdot (x + \delta) \quad \text{wobei: } F_{links} \geq 0 \end{aligned}$$

Geg.: $m = 0,4 \text{ kg}$; $c = 300 \text{ N/m}$; $\delta = 5 \text{ mm}$; $v_0 = 0,2 \text{ m/s}$; $t_{sim} = 4 \text{ s}$; $\Delta t = 0,002 \text{ s}$

Aufgabe 2 (16P)

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

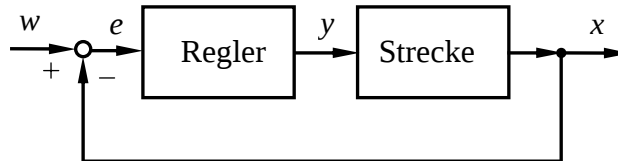
Für eine hydraulische Positionsregelung soll ein P-Regler verwendet werden.

$$G_R = \frac{y}{e} = K_P$$

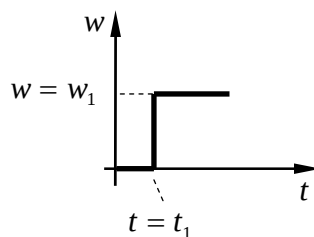
Bei Berücksichtigung der Kompressibilität des Öls ergibt sich für die Regelstrecke

$$G_S = \frac{x}{y} = \frac{K_I}{j\omega} \cdot \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}$$

Für den gesamten Regelkreis gilt

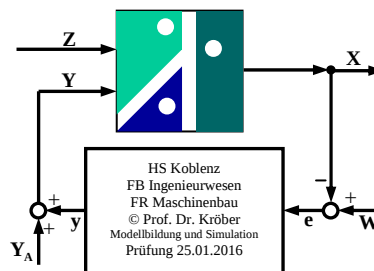


Sollwertsprung:



Untersucht werden soll ein Sollwertsprung. Alle Anfangsbedingungen seien gleich Null. Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in SIMULINK erfolgen. In einer anschließenden Graphik sollen in SIMULINK die Größen w , y und x in einem gemeinsamen Plot dargestellt werden. Falls sich beim Reglerausgang ein Wert von $y > 10$ einstellt, soll die Ausgangsgröße auf 10 beschränkt werden. Die Simulationsdauer t_{sim} und die feste Schrittweite Δt werden in MATLAB vorgegeben. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

Geg.: $K_P = 8$; $K_I = 0,2 \text{ s}^{-1}$; $\omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$; $\delta = 2 \text{ s}^{-1}$; $w_1 = 5$; $t_1 = 1 \text{ s}$; $t_{\text{sim}} = 8 \text{ s}$; $\Delta t = 0,002 \text{ s}$



Aufgabe 3 (18P)

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

Aus einem zunächst gefüllten Behälter ($h = h_0$) strömt durch eine unten gelegene Öffnung Wasser aus. Dadurch nimmt der Füllstand h permanent ab.

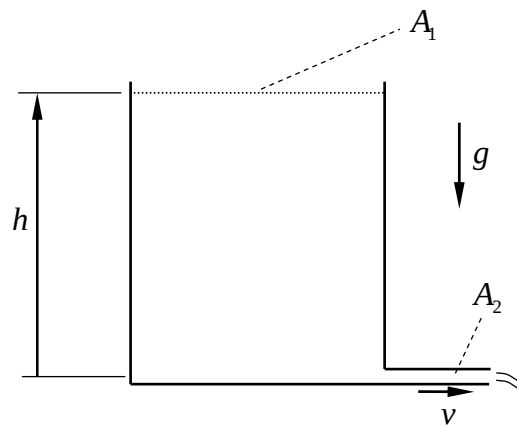
Gleichungen zur Herleitung (für Wissensdurstige):

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$Q = A_2 \cdot v = A_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = -A_1 \frac{dh}{dt}$$

ergibt schließlich:

$$\frac{dh}{dt} = - \frac{A_2}{A_1} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$



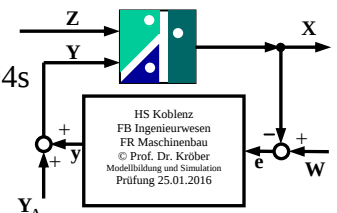
Bestimmen Sie den Füllstand in Abhängigkeit der Zeit! Geben Sie die Daten in MATLAB vor und lösen die Differentialgleichung in SIMULINK. Wenn der Füllstand auf die Hälfte oder knapp unter die Hälfte der Anfangshöhe abgesunken ist soll die Simulation beendet werden. Eine Graphik des Füllstandes über der Zeit ist empfehlenswert aber nicht zwingend erforderlich. Die Simulationsdauer t_{sim} (obwohl diese vielleicht nicht ganz ausgeschöpft wird) und die feste Schrittweite Δt werden in MATLAB vorgegeben. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

Weitere Aufgabe: Interpolieren Sie zwischen den letzten beiden Werten, um die gesuchte Zeit (Hälfte des Anfangsfüllstandes) etwas genauer angeben zu können.

Geg.: $h_0 = 120$ cm; $g = 9,81$ m/s²; $A_1 = 0,02$ m²; $A_2 = 0,0002$ m²; $t_{sim} = 30$ s; $\Delta t = 0,04$ s

Aufgabe 4 (16P)

Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*



Die folgende Aufgabe soll in einem Excel-Makro gelöst werden. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden. Zu lösen ist die gleiche Problemstellung wie in Aufgabe 3 (auch gleiche Zahlenwerte), also

$$\frac{dh}{dt} = - \frac{A_2}{A_1} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{oder auch:} \quad \frac{h_{i+1} - h_i}{\Delta t} = - \frac{A_2}{A_1} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_i}$$

für eine Anfangshöhe h_0 . Als Ergebnis soll in dem Excel-Sheet in der ersten Spalte die Zeit und in der zweiten Spalte die momentane Füllstandshöhe stehen. Grundsätzlich ist ein Ansatz von 750 Zeitschritten nicht schlecht ($t_{sim}/\Delta t = 30\text{s}/0,04\text{s} = 750$). Die Ausgabe soll so weit erfolgen, bis die Anfangshöhe auf den halben Wert gesunken ist ($h \geq h_0 / 2$).

Das Anfangswertproblem kann man auch geschlossen lösen (nebenstehende Formel). Geben Sie diesen Zahlenwert als Vergleich aus!

Hinweis: Wenn die Iteration zu weit läuft, können numerisch negative Werte für die Höhe h auftreten. Eine geeignete Abfrage "if $h < 0$ then $h = 0$ " sichert vor dem Problem.

Aufgabe 5 (16P)

Ergebnisdatei → *nnnvvv5.vi*

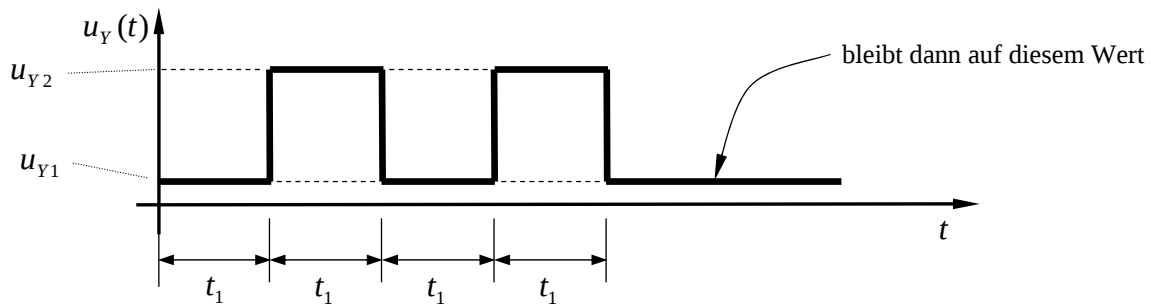
Grundsätzlich soll hier das gleiche Problem wie in Aufgabe 4 bearbeitet werden. Die Lösung soll in einem Formelknoten in LabVIEW gelöst werden. Der Kurvenverlauf $h(t)$ soll hier in einem XY-Schrieb dargestellt werden. Es kann der Verlauf der gesamten Simulationszeit ausgegeben werden. Die Berechnung und Darstellung von $t_{50\%}$ ist nicht erforderlich.

Aufgabe 6 (18P) 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.

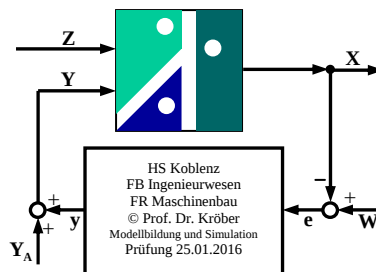
Der Zeitschritt für die einzusetzende "while-Schleife" soll 100 ms betragen. Die Ausgangsspannung soll folgenden Verlauf haben:



In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden.

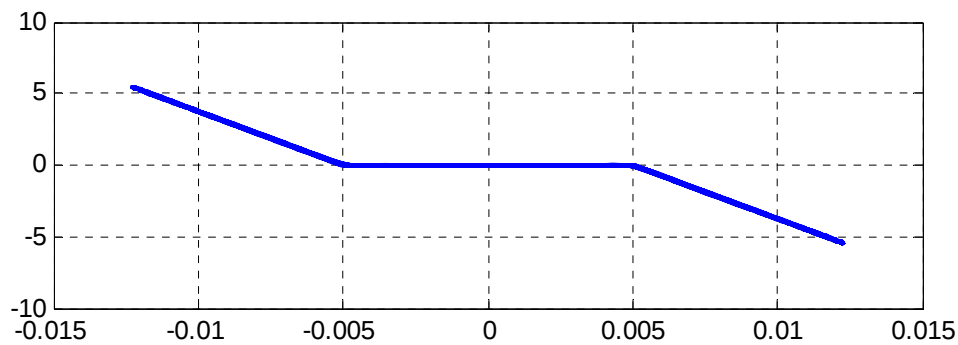
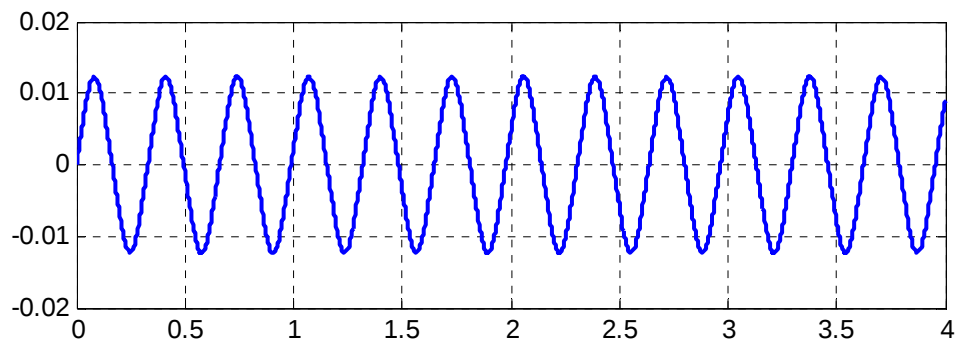
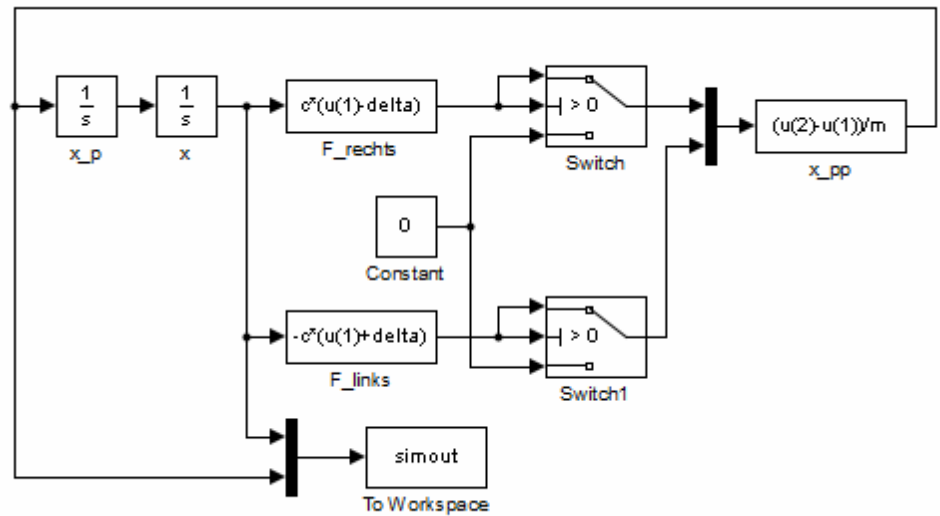
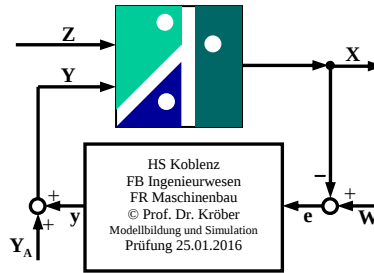
Geg.: $u_{Y1} = 0,5 \text{ V}$; $u_{Y2} = 4,5 \text{ V}$; $t_1 = 1 \text{ s}$

Eine automatisierte Beendigung des Programms muss nicht vorgesehen werden. Das Programm kann zur geeigneten Zeit durch Betätigen einer Stop-Schaltfläche beendet werden.



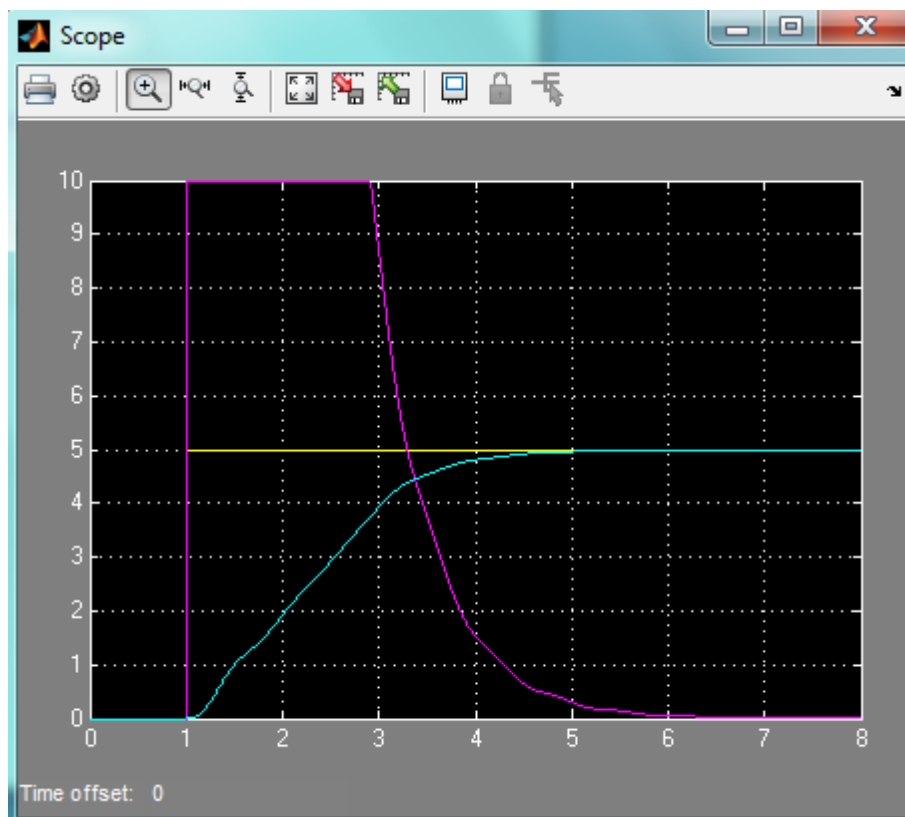
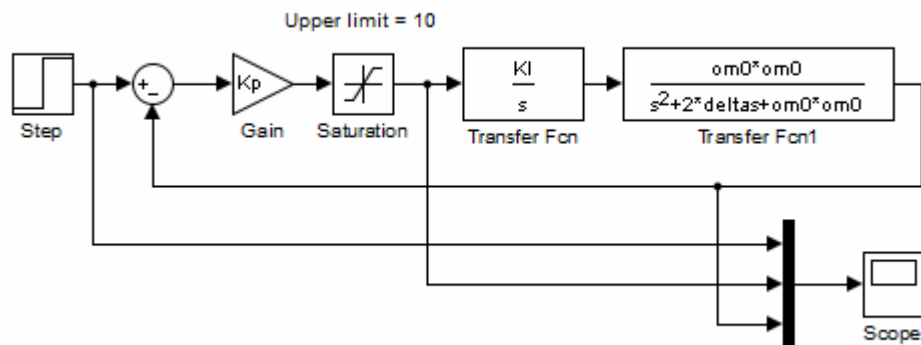
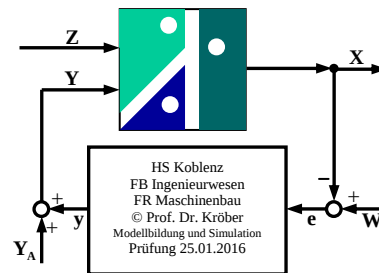
Prüfung 25.01.2016 / Lösung zur Aufgabe 1

```
clear;clc;
m=0.4;
c=300;
delta=0.005;
v0=0.2;
tsim=4;
dt=0.002;
sim('krowoll1_sl');
t=simout.time;
x=simout.signals.values(:,1);
x_pp=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);
plot(t,x);grid;
subplot(2,1,2);
plot(x,x_pp);grid;
```

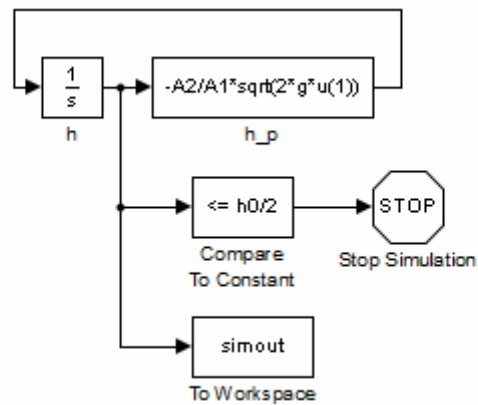


Prüfung 25.01.2016 / Lösung zur Aufgabe 2

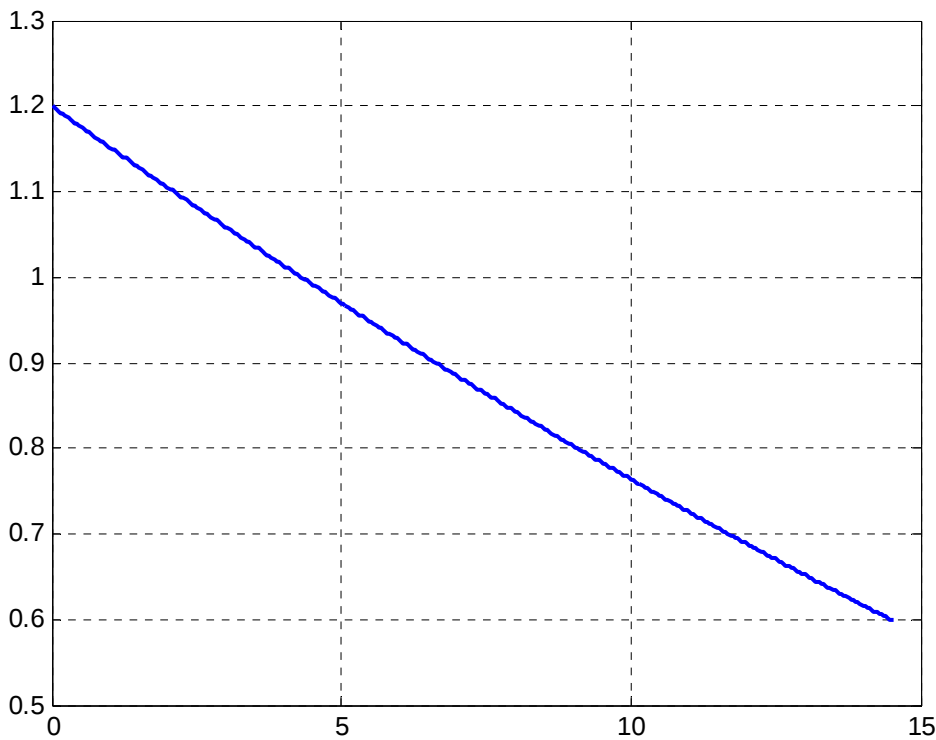
```
clear;clc;
Kp=8;
KI=0.2;
om0=10;
delta=2;
w1=5;
t1=1;
tsim=8;
dt=0.002;
sim('krowol2_sl'); % optional
```



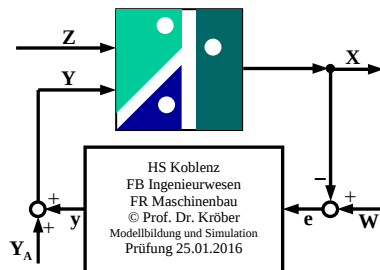
```
clear;clc;
h0=1.2;
g=9.81;
A1=0.02;
A2=0.0002;
tsim=30;
dt=0.04;
sim('krowol3_sl');
t=simout.time;
h=simout.signals.values;
plot(t,h);grid;
```



```
% Weitere Aufgabe
nw=length(t);
% lineare Interpolation
t_genauer=t(nw-1)+dt*(h(nw-1)-h0/2)/(h(nw-1)-h(nw));
```



Workspace	
Name	Value
A1	0.0200
A2	2.0000e-04
dt	0.0400
g	9.8100
h	364x1 double
h0	1.2000
nw	364
simout	1x1 struct
t	364x1 double
t_genauer	14.4871
tout	364x1 double
tsim	30



Prüfung 25.01.2016 / Lösung zur Aufgabe 4

```

Sub Makrol1()
'
' Makrol1 Makro
'
' Tastenkombination: Strg+y
'

Dim h(750) As Double
h0 = 1.2
g = 9.81
A1 = 0.02
A2 = 0.0002
dt = 0.04

h(0) = h0
For i = 0 To 749
    h(i + 1) = h(i) - dt * A2 / A1 * Sqr(2 * g * h(i))
    If (h(i + 1) < 0) Then h(i + 1) = 0 ' zur Sicherheit
Next i

t50 = (Sqr(2) - 1) * A1 / A2 * Sqr(h0 / g)

For i = 0 To 750
    If (h(i) >= h0 / 2) Then
        Cells(i + 1, 1) = i * dt
        Cells(i + 1, 2) = h(i)
    End If
Next i

Cells(1, 3) = t50

End Sub

```

