

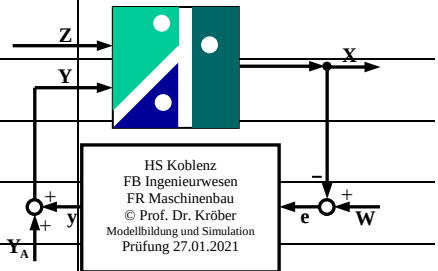
Modellbildung und Simulation WS 20/21
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

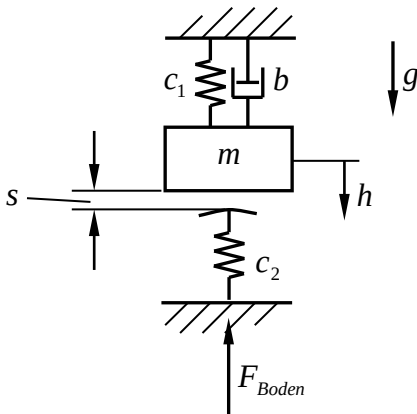
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



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 (17P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.slx*

Eine Masse ist durch ein Feder-Dämpfer-System von der Umgebung abgekoppelt. Nach der Überwindung eines Luftspaltes *s* wirkt eine weitere rückstellende Federkraft.



Erforderliche Gleichungen

$$m \cdot \ddot{h} = m \cdot g - c_1 \cdot h - b \cdot \dot{h} - F_{Boden}$$

$$F_{Boden} = c_2 \cdot (h - s) \quad \text{wobei} \quad F_{Boden} \geq 0$$

Die Masse *m* hat zum Zeitpunkt *t* = 0 die Auslenkung *h* = 0 und die Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = \dot{h} = 0,25 \text{ m/s}$.

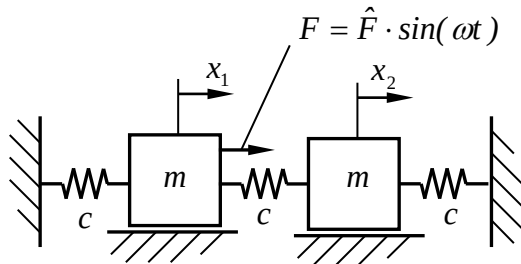
Weitere Zahlenwerte: *m* = 4 kg; *c*₁ = 2000 N/m; *c*₂ = 20000 N/m; *b* = 18 Ns/m; *s* = 0,022 m; *g* = 9,81 m/s²

Die Simulationszeit soll 3 Sekunden betragen, der Zeitschritt sei 0,001 Sekunden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. Der Plot soll aus einem oberen und einem unteren Teil bestehen. Im oberen Teil soll *h* über der Zeit dargestellt werden, im unteren Teil die Bodenkraft über der Zeit. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine"!

Aufgabe 2 (17P)

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

Das abgebildete System besteht aus 2 Freiheitsgraden. Zum Zeitpunkt $t = 0$ sind alle Anfangsauslenkungen und alle Anfangsgeschwindigkeiten gleich Null. Ferner wirkt an einer Masse die angegebene sinusförmige Kraft.



$$m \cdot \ddot{x}_1 = -c \cdot x_1 - c(x_1 - x_2) + F$$

$$m \cdot \ddot{x}_2 = -c \cdot x_2 - c(x_2 - x_1)$$

Weitere Zahlenwerte: $m = 9 \text{ kg}$; $c = 300 \text{ N/m}$; $\hat{F} = 10 \text{ N}$; $\omega = 10 \text{ s}^{-1}$; $t_{\text{sim}} = 6 \text{ s}$; $\Delta t = 0,001 \text{ s}$

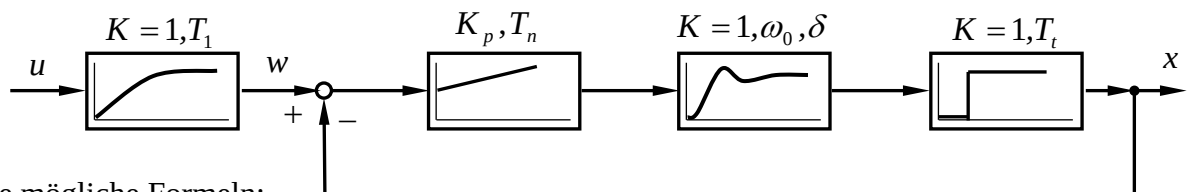
Berechnen Sie die Schwingungsverläufe von x_1 und x_2 !

Die Simulationsdauer und die feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. In einem gemeinsamen Plot sollen x_1 und x_2 über der Zeit dargestellt werden. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine"!

Aufgabe 3 (17P)

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

Der Wirkungsplan zeigt einen Regelkreis, wobei vor der Führungsgröße noch ein PT1-Glied vorgeschaltet ist, um mögliche hastige manuelle Vorgaben zu glätten.

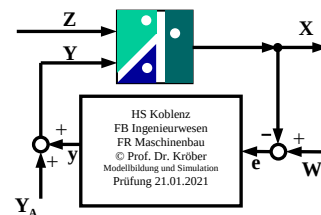


Verschiedene mögliche Formeln:

$$\text{PT}_1\text{-Glieder: } G = \frac{K}{1 + j\omega T_1} = \frac{1}{1 + j\omega T_1}$$

$$\text{PI-Regler: } G = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega T_n}\right) = \frac{K_p(1 + j\omega T_n)}{j\omega T_n}$$

$$\text{PT}_2: G = \frac{K \cdot \omega_0^2}{\omega_0^2 + 2\delta j\omega + (j\omega)^2} = \frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 + 2\delta j\omega + (j\omega)^2}$$



Die Eingangsgröße u geht zum Zeitpunkt $t_1 = 1 \text{ s}$ von dem Wert Null auf den Wert $u_\infty = 2$ und bleibt dann auf diesem Wert.

Weitere gegebene Zahlenwerte:

$T_1 = 1 \text{ s}$; $K_p = 0,2$; $T_n = 2 \text{ s}$; $\omega_0 = 0,8 \text{ s}^{-1}$; $\delta = 0,7 \text{ s}^{-1}$; $T_t = 2 \text{ s}$

Geben Sie die Daten in MATLAB vor und geben Sie den angegebenen Wirkungsplan in Simulink ein. Nach der Berechnung in SIMULINK soll die graphische Darstellung wieder in MATLAB erfolgen. Hier soll die Eingangsgröße u , die Führungsgröße w und die Regelgröße x in Funktion der Zeit dargestellt werden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben ($t_{\text{sim}} = 60 \text{ s}$; $\Delta t = 0,01 \text{ s}$). Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine"!

Aufgabe 4 (17P)

Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*

Aus einem zunächst gefüllten Behälter ($h = h_0$) strömt durch eine unten gelegene Öffnung Wasser aus. Dadurch nimmt der Füllstand h permanent ab. Der Behälter hat die Form eines Kegels. Zu bestimmen ist der Füllstand in Abhängigkeit der Zeit!

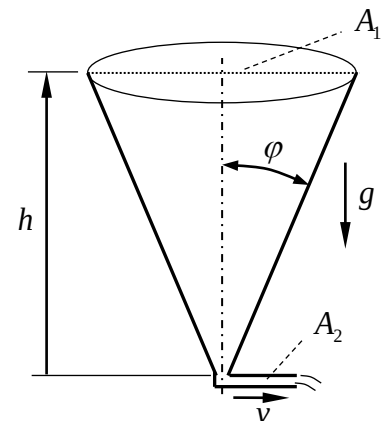
Gleichungen zur Herleitung (für Wissensdurstige):

$$Q = A_2 \cdot v = A_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = -A_1 \frac{dh}{dt} = -\pi \cdot (h \cdot \tan(\varphi))^2 \cdot \frac{dh}{dt}$$

ergibt schließlich (für Lösung der Aufgabe relevant):

$$\boxed{\frac{dh}{dt} = - \frac{A_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}}{\pi \cdot (h \cdot \tan(\varphi))^2}}$$

Hilfestellungen: $\frac{dh}{dt} \approx \frac{h_{i+1} - h_i}{\Delta t} \Rightarrow h_{i+1} = h_i + \left(\frac{dh}{dt} \right) \cdot \Delta t$



Die Lösung soll mit einem Makro erfolgen. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden. In Spalte 1 des Excel-Sheets soll die Zeit stehen, in der zweiten Spalte der Füllstand. Es soll eine Graphik $h(t)$ erstellt werden.

Zahlenwerte:

$h_0 = 1,2$ m; $g = 9,81$ m/s²; $A_2 = 0,002$ m²; $\varphi = 26^\circ$; Berechnungszeitraum 100 Sekunden, $\Delta t = 0,1$ s

↙ Hilfestellung: $\text{mypi} = 4 \cdot \text{ATN}(1)$ sowie $\text{phi} = 26 \cdot \text{mypi}/180$

Achtung: h darf nicht negativ werden. Folgendes hilft: $\text{if}(h(i+1) < 0.001) \text{ then } h(i+1) = 0.001$

Aufgabe 5 (17P)

Ergebnisdatei → *nnnvvv5.vi*

Hilfestellung hier: $\text{mypi} = 4 \cdot \text{atan}(1)$; sowie $\text{phi} = 26 \cdot \text{mypi}/180$;

Grundsätzlich soll hier das gleiche Problem wie in Aufgabe 4 bearbeitet werden. Die Lösung soll in einem Formelknoten in LabVIEW gelöst werden. In einem XY-Schrieb soll $h(t)$ ausgegeben werden.

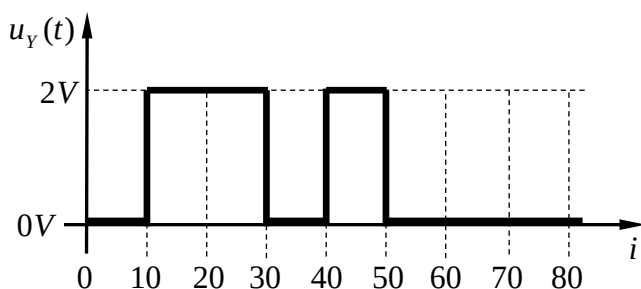
Aufgabe 6 (15P)

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 sich stets wie in der angegebenen Skizze ändern.



Definition der Flanken:

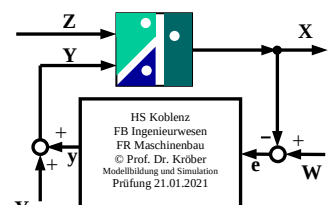
$i = 10$: oberen Wert rausgeben

$i = 30$: wieder 0 V rausgeben

$i = 40$: oberen Wert rausgeben

$i = 50$: wieder 0 V rausgeben

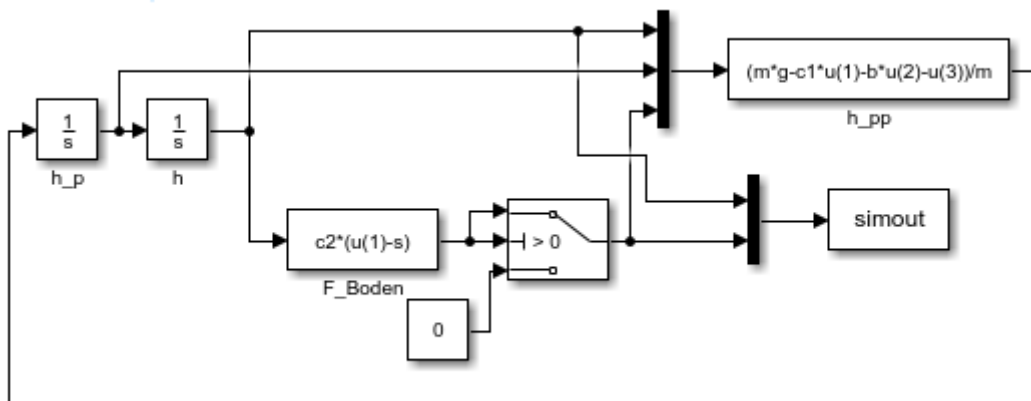
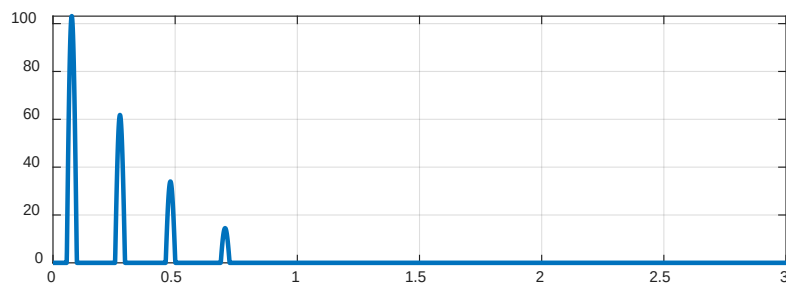
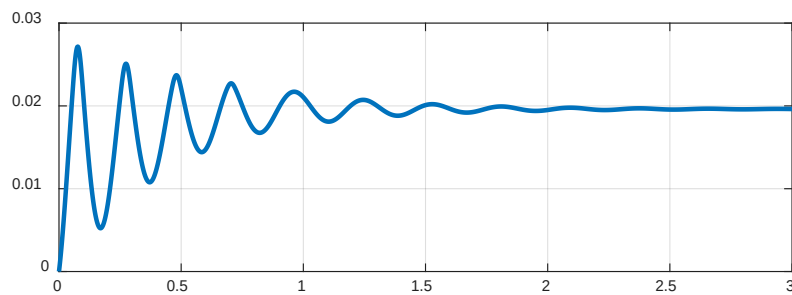
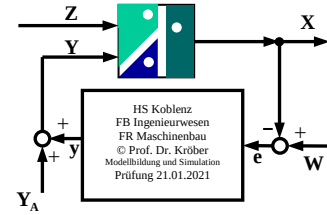
danach bleibt es immer bei 0 V



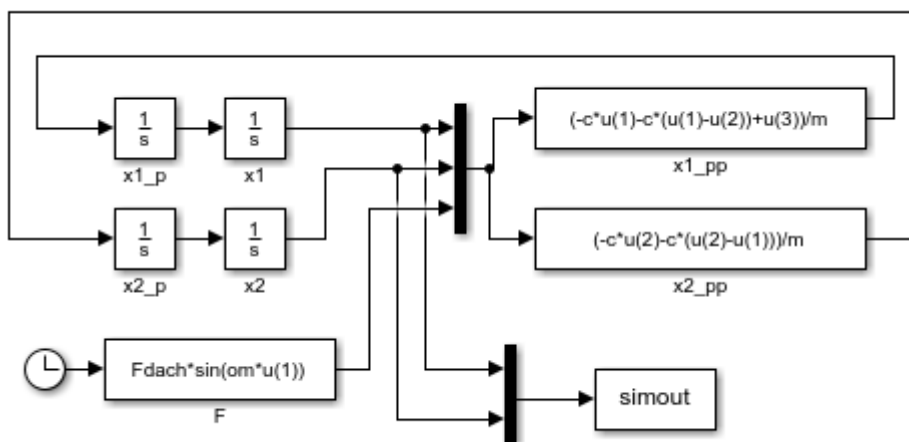
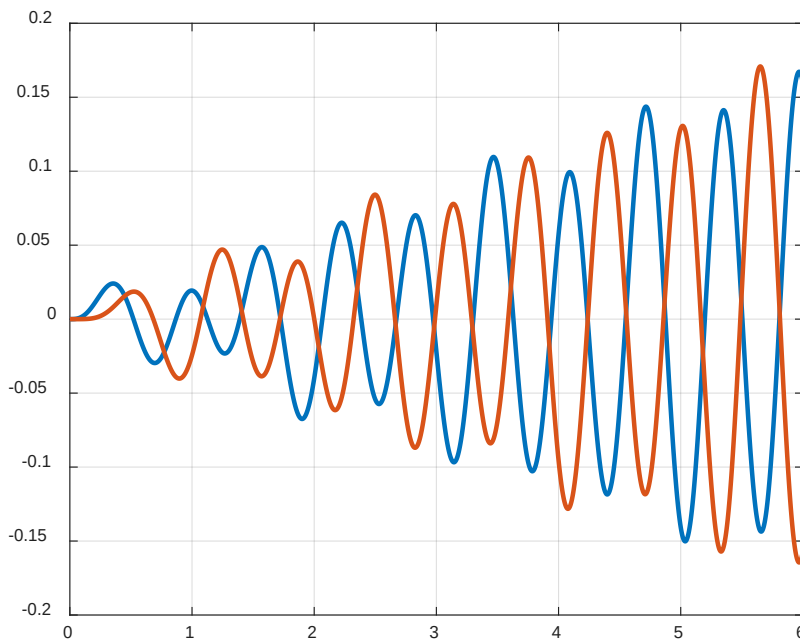
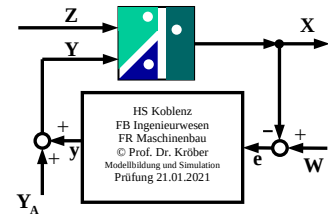
In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden.

Eine automatisierte Beendigung des Programms muss nicht vorgesehen werden. Das Programm kann durch Betätigen einer/der Stop-Schaltfläche beendet werden. Sonst läuft es "immer weiter" und gibt 0 V raus.

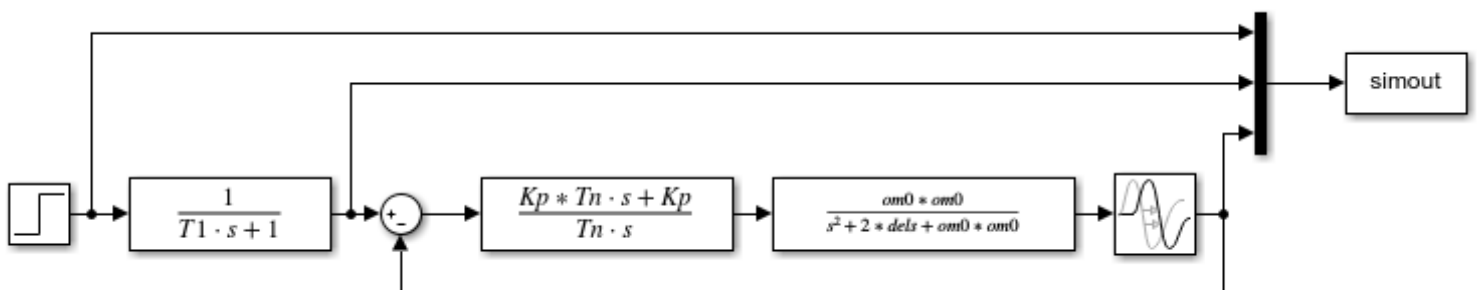
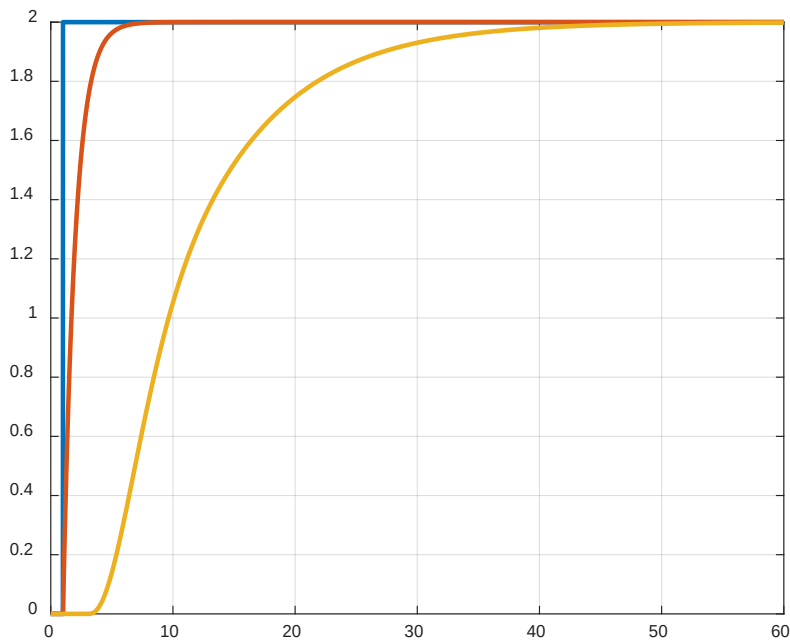
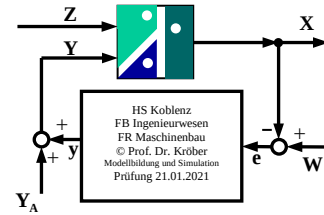
```
clear;clc;clf;
v0=0.25;
m=4;
c1=2000;
c2=20000;
b=18;
bb=2*0.1*sqrt(c1*m);%zur Kontrolle
s=0.022;
g=9.81;
xstat=m*g/c1;%zur Kontrolle
tsim=3;
dt=0.001;
sim('krowol1_sl');
t=simout.time;
h=simout.signals.values(:,1);
FBod=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);plot(t,h,'LineWidth',2);grid;
hold on;
subplot(2,1,2);plot(t,FBod,'LineWidth',2);grid;
hold off;
```

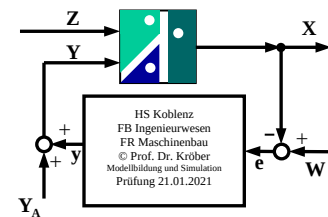
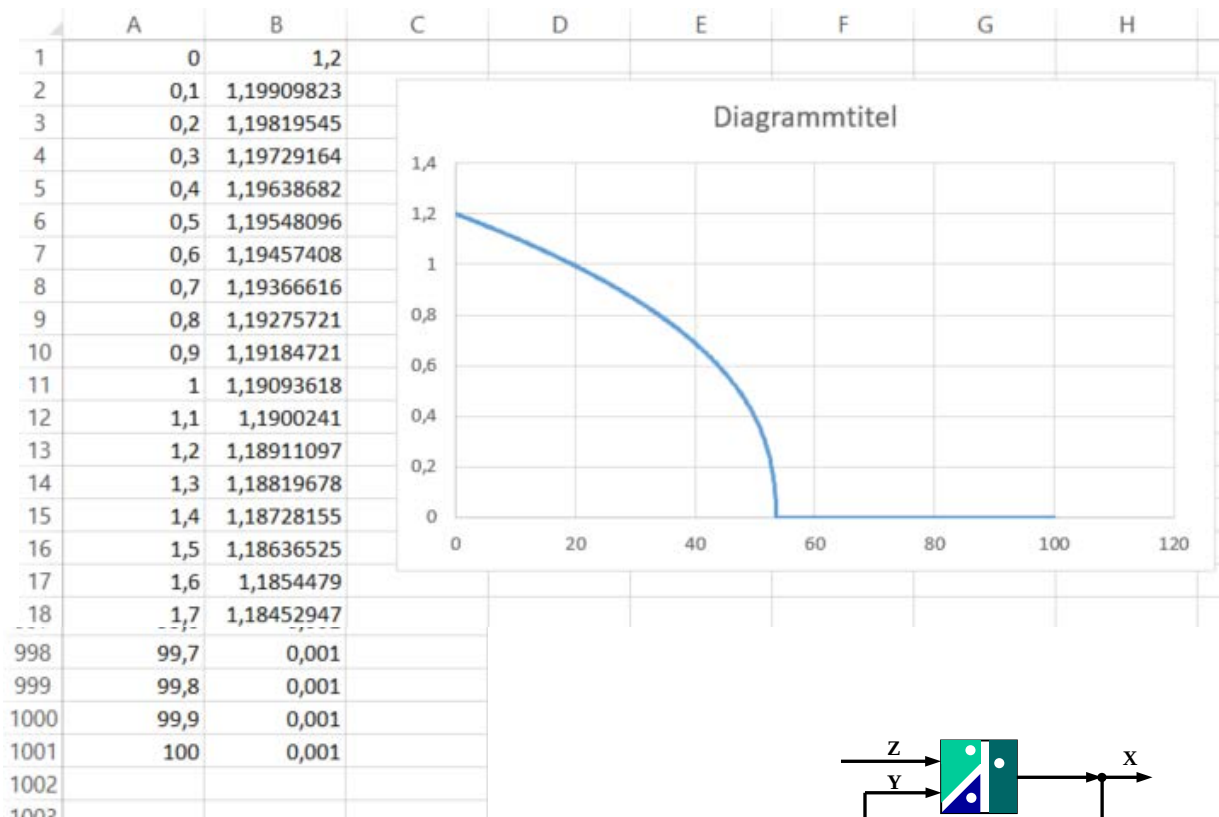


```
clear;clc;clf;
m=9;
c=300;
Fdach=10;
om=10;
tsim=6;
dt=0.001;
sim('krowol2_sl');
t=simout.time;
x1=simout.signals.values(:,1);
x2=simout.signals.values(:,2);
plot(t,x1,t,x2,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;clf;
t1=1;
u_un=2;
T1=1;
Kp=0.2;
Tn=2;
om0=0.8;
del=0.7;
Tt=2;
tsim=60;
dt=0.01;
sim('krowol3_sl');
t=simout.time;
u=simout.signals.values(:,1);
w=simout.signals.values(:,2);
x=simout.signals.values(:,3);
plot(t,u,t,w,t,x,'LineWidth',2);grid;
```





Sub Makrol()

```

'
' Makrol Makro
'
' Tastenkombination: Strg+y
'

Dim h(1000) As Double
mypi = 4 * Atn(1)
h0 = 1.2
g = 9.81
A2 = 0.002
Phi = 26 * mypi / 180
dt = 0.1
h(0) = h0
For i = 0 To 999
    fak = -A2 * Sqr(2 * g * h(i)) / (mypi * (h(i) * Tan(Phi)) ^ 2)
    h(i + 1) = h(i) + fak * dt
    If (h(i + 1) < 0.001) Then h(i + 1) = 0.001
Next i

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

End Sub

```

