

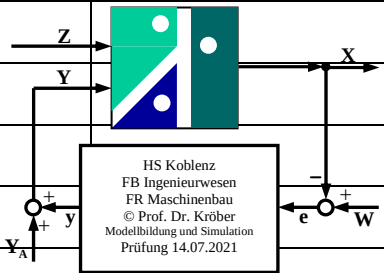
Modellbildung und Simulation SS 2021
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

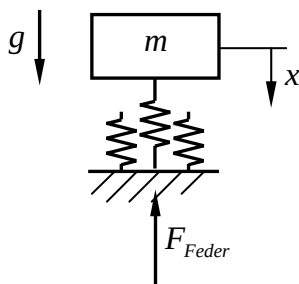
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



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-System von der Umgebung abgekoppelt. Durch Parallelschaltung einer zweiten Feder ist die Feder-Wegkennlinie nichtlinear.



Erforderliche Gleichungen

$$m \cdot \ddot{x} = m \cdot g - F_{\text{Feder}}$$

$$x \leq x_1: F_{\text{Feder}} = m \cdot g + c \cdot x$$

$$x \geq x_1: F_{\text{Feder}} = m \cdot g + c \cdot x_1 + 3 \cdot c \cdot (x - x_1)$$

Die Masse *m* hat zum Zeitpunkt *t* = 0 die Auslenkung *x* = 0 und die Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = \dot{x} = 0,4 \text{ m/s}$.

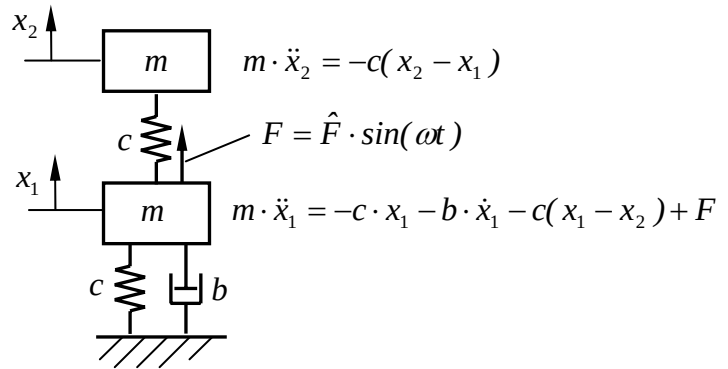
Weitere Zahlenwerte: *m* = 25 kg; *c* = 2500 N/m; *x*₁ = 0,012 m; *g* = 9,81 m/s²

Die Simulationszeit soll 6 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 *x* über der Zeit dargestellt werden, im unteren Teil die Federkraft über dem Weg *x*. 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. Die sinusförmige Kraft wirkt ab der Zeit $t = 0$ bis zur Zeit $t = 10$ s. Danach ist die Kraft (wieder) gleich Null.



Weitere Zahlenwerte: $m = 7$ kg; $c = 400$ N/m; $b = 20$ Ns/m; $\hat{F} = 20$ N; $\omega = 5$ s⁻¹; $t_{\text{sim}} = 20$ s; $\Delta t = 0,001$ s

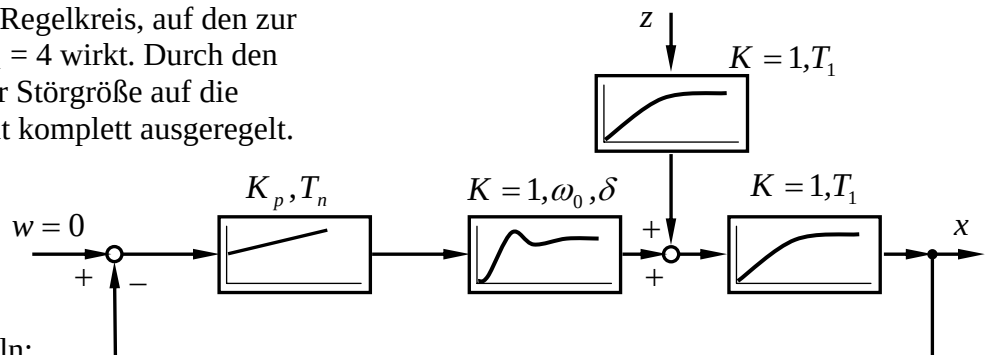
Berechnen Sie die Schwingungsverläufe von x_1 und x_2 !

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, auf den zur Zeit $t = 0$ eine Störgröße $z = z_1 = 4$ wirkt. Durch den PI-Regler wird der Einfluss der Störgröße auf die Regelgröße im Verlauf der Zeit komplett ausgeregelt.

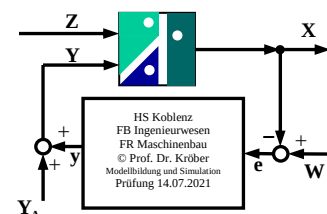


Verschiedene mögliche Formeln:

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

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

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



Weitere gegebene Zahlenwerte:

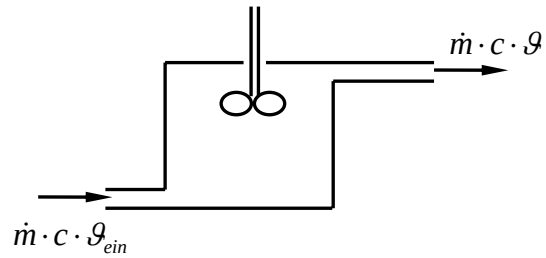
$T_1 = 1,5$ s; $K_p = 0,6$; $T_n = 2$ s; $\omega_0 = 1,4$ s⁻¹; $\delta = 1,2$ s⁻¹

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 (nur) die Regelgröße x in Funktion der Zeit dargestellt werden. Ferner soll im Workspace eine Variable stehen, in der man den maximalen Wert für x ablesen kann. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben ($t_{\text{sim}} = 50$ s; $\Delta t = 0,01$ s). Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine"!

Aufgabe 4 (17P) Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*

In einen Behälter strömt Wasser mit der Eintrittstemperatur ϑ_{ein} . Aus der Energiebilanz kann man die angegebene Differentialgleichung herleiten.

$$\dot{m} \cdot c \cdot \vartheta_{ein} - \dot{m} \cdot c \cdot \vartheta = V \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt}$$



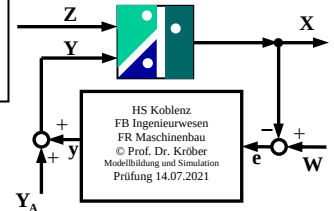
Bei dem Fließprozess wird die Austrittstemperatur stets irgendwann die Eintrittstemperatur annehmen.

Für die Aufgabe relevant ist die eingerahmte Gleichung:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\dot{m} \cdot (\vartheta_{ein} - \vartheta)}{V \cdot \rho}$$

Hilfestellung:

$$\frac{d\vartheta}{dt} \approx \frac{\vartheta_{i+1} - \vartheta_i}{\Delta t} \Rightarrow \vartheta_{i+1} = \vartheta_i + \left(\frac{d\vartheta}{dt} \right) \cdot \Delta t$$



Weitere Zahlenwerte: $\dot{m} = 0,08 \text{ kg/s}$; $V = 0,002 \text{ m}^3$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Die Temperatur des zuströmenden Wasser sei zunächst $\vartheta_{ein} = 10 \text{ °C}$ und ab $t = 50 \text{ s}$ dann $\vartheta_{ein} = 50 \text{ °C}$. Die Temperatur ϑ sei zu Beginn 30 °C (Anfangsbedingung). Berechnen Sie die Temperatur ϑ für den Zeitraum bis $t = 200 \text{ s}$. 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 die Temperatur ϑ . Es soll eine Graphik $\vartheta(t)$ erstellt werden. Der Zeitschritt sei $\Delta t = 0,1 \text{ s}$.

Aufgabe 5 (17P) Ergebnisdatei → *nnnvvv5.vi*

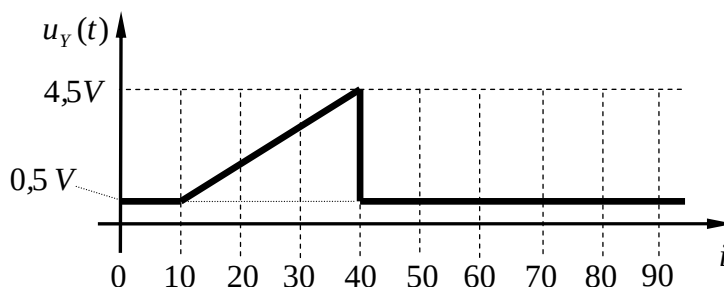
Grundsätzlich soll hier das gleiche Problem wie in Aufgabe 4 bearbeitet werden. Die Lösung soll in einem Formelknoten in LabVIEW gelöst werden. In einem XY-Schrieb soll $\vartheta(t)$ ausgegeben werden.

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.



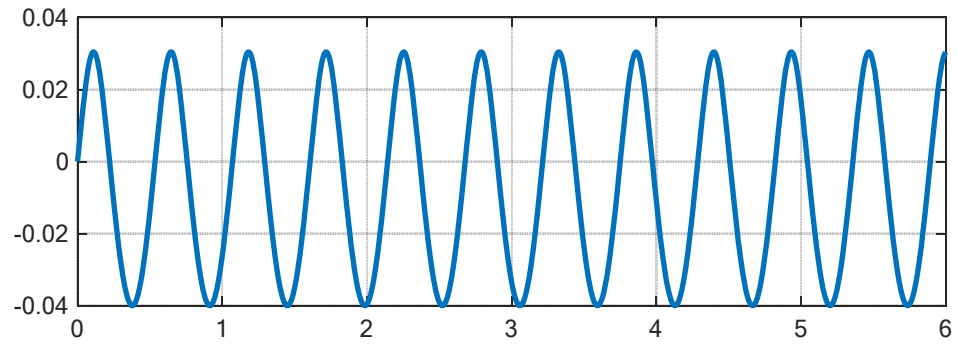
Definition der Rampenfunktion:

$i = 10$: Rampe beginnt

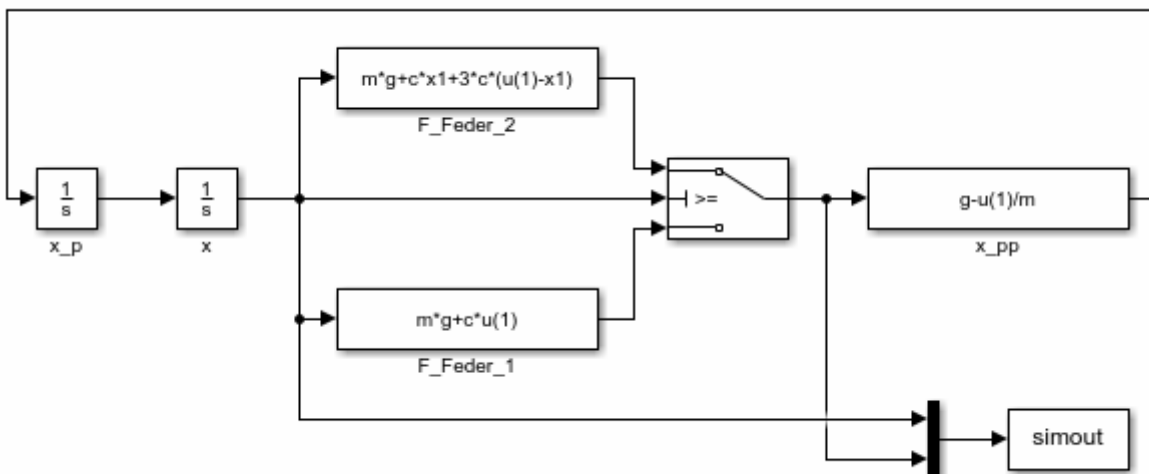
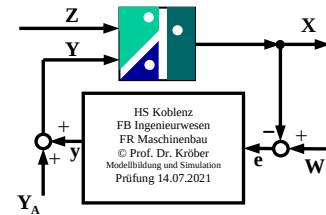
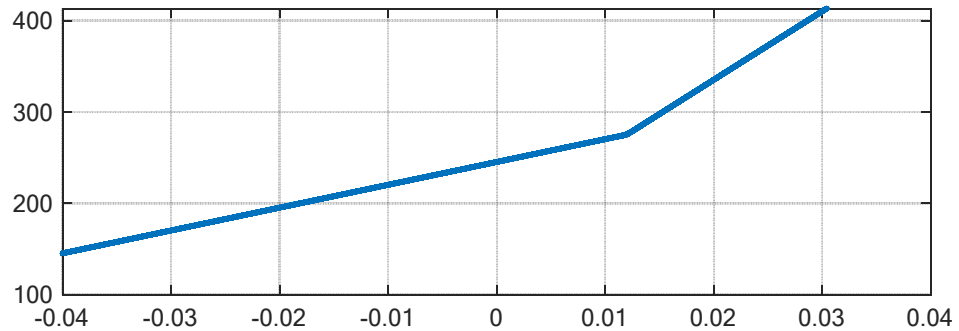
$i = 40$: noch den oberen Wert ausgeben

In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden.

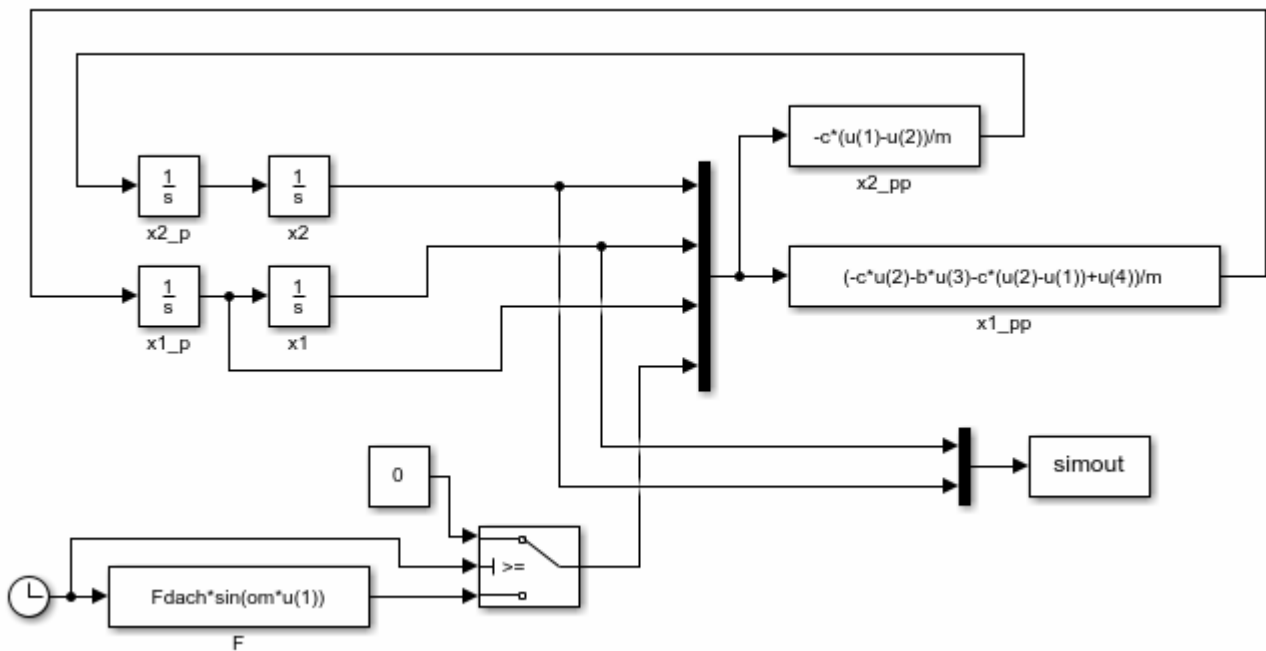
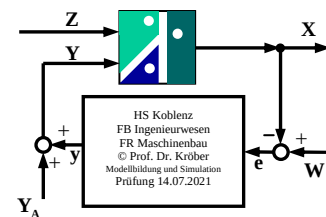
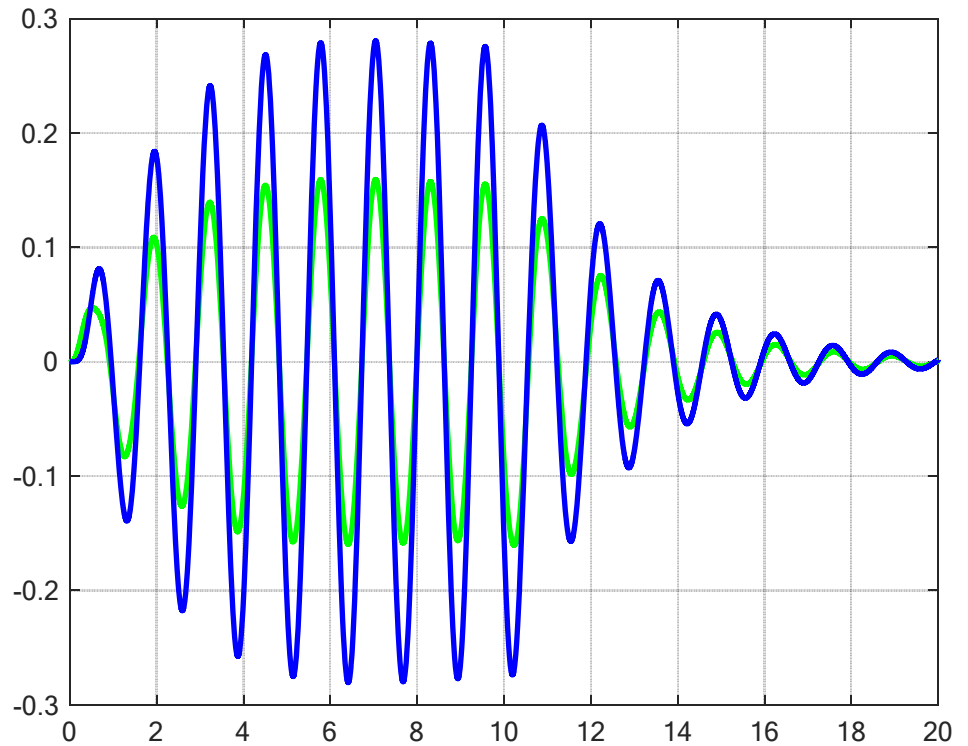
Eine automatisierte Beendigung des Programms muss nicht vorgesehen werden. Das Programm kann durch Betätigen einer/der Stop-Schaltfläche beendet werden. Sonst läuft es "immer weiter" und gibt 0,5 V raus.



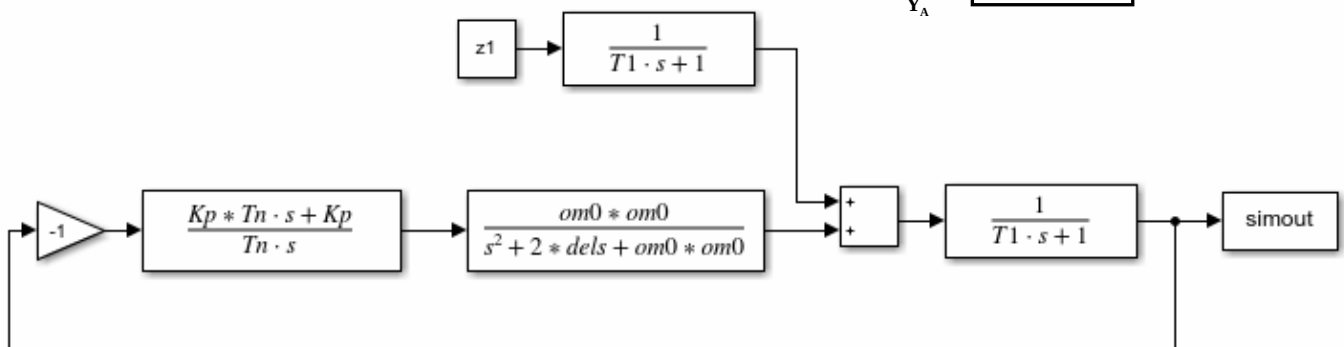
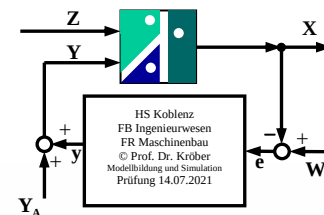
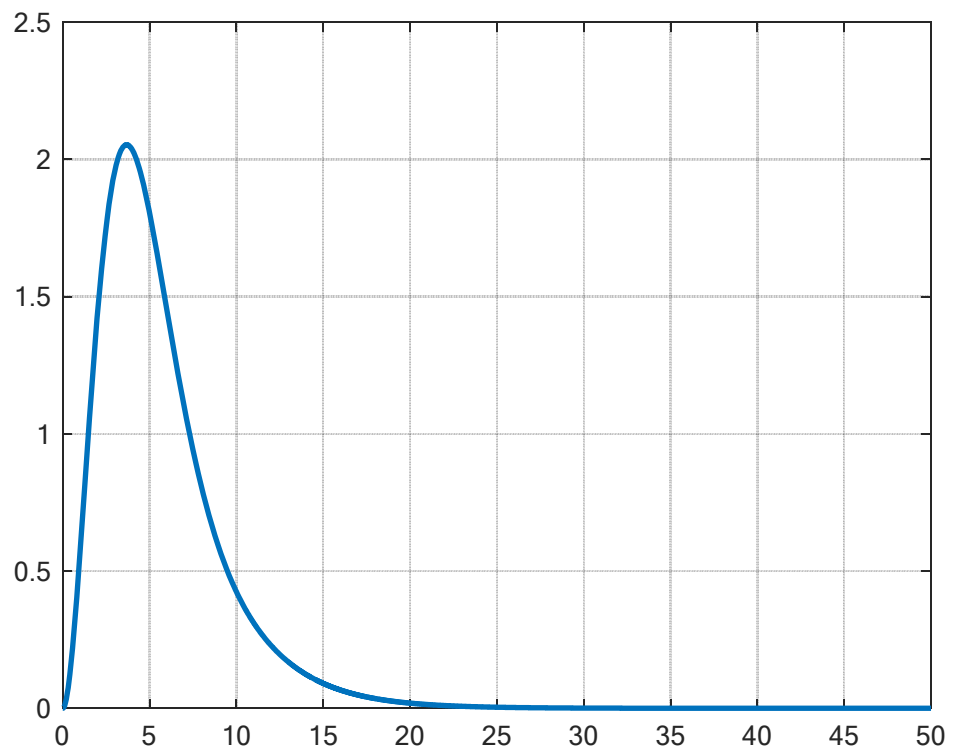
```
clear;clc;clc;
v0=0.4;
m=25;
c=2500;
x1=0.012;
g=9.81;
dt=0.001;
tsim=6;
sim('krowol1_sl');
t(:,1)=simout.time(:,1);
x(:,1)=simout.signals.values(:,1);
FFeder(:,1)=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);
plot(t,x,'LineWidth',2);grid;
subplot(2,1,2);
plot(x,FFeder,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;clc;
m=7;
c=400;
b=20;
Fdach=20;
om=5;
t1=10;
dt=0.001;
tsim=20;
sim('krowol2_sl');
t(:,1)=simout.time(:,1);
x1(:,1)=simout.signals.values(:,1);
x2(:,1)=simout.signals.values(:,2);
plot(t,x1,'g','LineWidth',2);grid;
hold on;
plot(t,x2,'b','LineWidth',2);
hold off;
```



```
clear;clc;clc;
z1=4;
T1=1.5;
Kp=0.6;
Tn=2;
om0=1.4;
del=1.2;
dt=0.01;
tsim=50;
sim('krowol3_sl');
t(:,1)=simout.time(:,1);
x(:,1)=simout.signals.values(:,1);
plot(t,x,'LineWidth',2);grid;
xmax=max(x);
```



```

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

    Dim teta(2000) As Double
    mp = 0.08
    V = 0.002
    rho = 1000
    dt = 0.1
    tetein = 10

    teta(0) = 30
    For i = 0 To 1999
        If i = 500 Then tetein = 50
        fak = mp * (tetein - teta(i)) / (V * rho)
        teta(i + 1) = teta(i) + fak * dt
    Next i

    For i = 0 To 2000
        Cells(i + 1, 1) = i * dt
        Cells(i + 1, 2) = teta(i)
    Next i

End Sub

```

