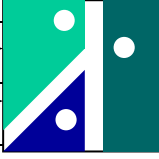


Modellbildung und Simulation SS 11
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

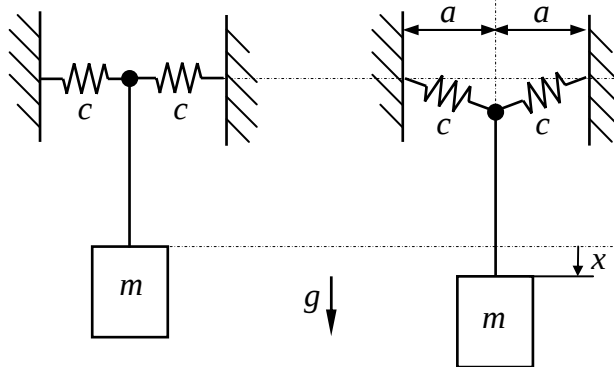
Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	 FH Koblenz FB Ingenieurwesen Maschinenbau © Prof. Dr. Kröber Modellbildung und Simulation Prüfung 04.07.2011
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.mdl*

Zwei horizontal angeordnete Federn sind in der links abgebildeten Darstellungsseite ohne Vorspannung ($F_F = 0$). An der Mitte ist die Masse m befestigt. Sie wird zur Zeit $t = 0$ losgelassen. Durch die sich einstellende Abwärtsbewegung entsteht in den Federn eine Zugkraft.



Die Bewegung kann durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$m \cdot \ddot{x} = m \cdot g - 2 \cdot F_F \cdot \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

Dabei gilt für die Federkraft:

$$F_F = c \cdot (\sqrt{a^2 + x^2} - a)$$

Zahlenwerte: $m = 10 \text{ kg}$; $c = 1000 \text{ N/m}$; $a = 0,1 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Geben Sie die Zahlenwerte in Matlab vor und verwenden Sie ein Simulink-Modell zur Lösung. Im Matlab-Programm sollen anschließend mit einem plot-Befehl der Schwingweg x [in mm] und die Federkraft F_F [in N] in einem Bild über der Zeit 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. Die Simulationzeit soll 2 Sekunden betragen.

Aufgabe 2 (16P) Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.mdl*

Bei einem sogenannten invertierten Pendel wird durch die Bewegung des Fußpunktes x versucht ein Umfallen des Massepunktes m zu verhindern.

Aus der Mechanik lässt sich folgende Gleichung herleiten (kleine Winkel):

$$l \cdot \ddot{\varphi} + \ddot{x} = g \cdot \varphi$$

Der Antrieb des Rollensystems wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\dot{x} = v_{ref} \cdot [K_P \cdot (\varphi - \varphi_{Soll}) + K_I \int (\varphi - \varphi_{Soll}) \cdot dt]$$

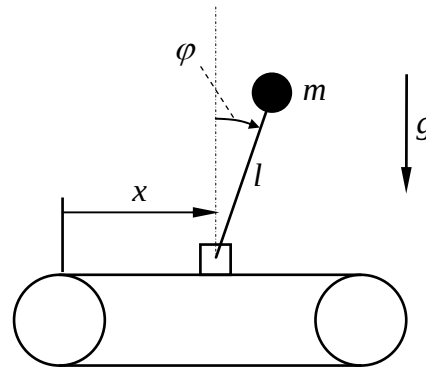
Durch Einsetzen der unteren Gleichung in die obere Gleichung entsteht (dabei $\varphi_{Soll} = 0$):

$$l \cdot \ddot{\varphi} + v_{ref} \cdot (K_P \cdot \dot{\varphi} + K_I \cdot \varphi) = g \cdot \varphi$$

Diese Gleichung ist der Ausgangspunkt für die weitere Berechnung. Geben Sie eine Anfangsauslenkung von 10 Grad vor.

Weitere Zahlenwerte: $l = 0,1 \text{ m}$; $v_{ref} = 4 \text{ m/s}$; $K_P = 0,25$; $K_I = 5 \text{ s}^{-1}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

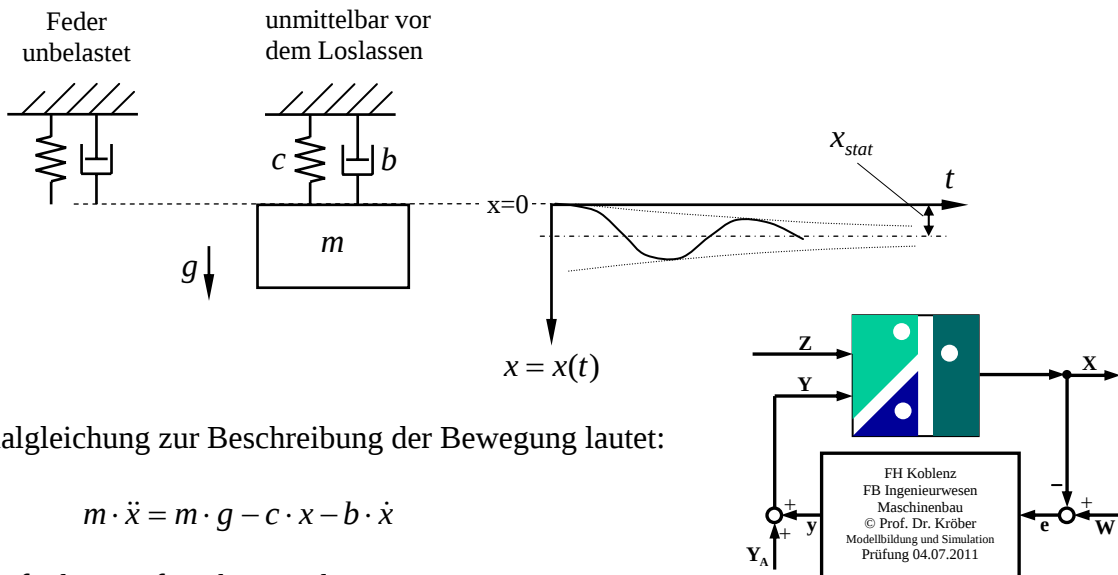
Geben Sie die Zahlenwerte in Matlab vor und verwenden Sie ein Simulink-Modell zur Lösung. Im Matlab-Programm sollen anschließend mit einem plot-Befehl der Winkel φ im Gradmaß über der Zeit dargestellt werden. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1$ Millisekunde. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden. Die Simulationzeit soll 2 Sekunden betragen.



Aufgabe 3 (16P) Ergebnisdateien → *nnnvvv3.m* und *nnnvvv3_sl.mdl*

Eine Masse m im Schwerfeld der Erde wird so ausgelenkt, dass die Kraft in der Feder vor bzw. bei dem Loslassen gerade gleich Null ist (Feder unbelastet).

Zahlenwerte: $m = 2 \text{ kg}$, $c = 981 \text{ N/m}$, $b = 20 \text{ Ns/m}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



Die Differentialgleichung zur Beschreibung der Bewegung lautet:

$$m \cdot \ddot{x} = m \cdot g - c \cdot x - b \cdot \dot{x}$$

Fortsetzung Aufgabe 3 auf nächstem Blatt . . .

... Fortsetzung Aufgabe 3

Berechnen Sie den Verlauf der sich einstellenden Schwingung für einen Zeitraum von 1 Sekunde. Geben Sie die Zahlenwerte in Matlab vor und verwenden Sie ein Simulink-Modell zur Lösung. Im Matlab-Programm soll anschließend mit einem plot-Befehl der Weg x über der Zeit 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.

Aufgabe 4 (16P) Ergebnisdateien $\rightarrow$ *nnnvvv4.xlsm*

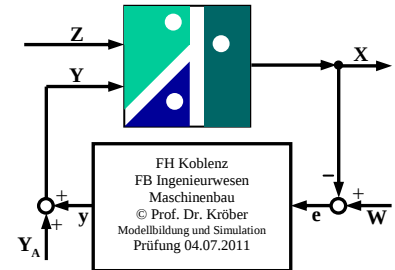
Hier soll die gleiche Fragestellung wie in Aufgabe 3 gelöst werden. Jedoch wird hier zur Vereinfachung die Dämpfung gleich Null gesetzt. Die Lösung soll mit einem Excel-Makro realisiert werden. Die Ergebnisse sollen in einem Excel-Sheet gespeichert werden. Eine Graphik im Excel-Sheet wird nicht gefordert, ist jedoch zur Verifikation sinnvoll. Der Zeitschritt beträgt $\Delta t = 1$ Millisekunde und die Simulationszeit sei 1 Sekunde.

Als Hilfestellung werden noch folgende Umformungen angegeben:

$$m \cdot \frac{x_{i+1} + x_{i-1} - 2 \cdot x_i}{\Delta t^2} = m \cdot g - c \cdot x_i$$

Aufgelöst nach x_{i+1} (und geordnet) ergibt sich:

$$x_{i+1} = g \cdot \Delta t^2 + x_i \cdot \left(2 - \frac{c}{m} \cdot \Delta t^2\right) - x_{i-1}$$

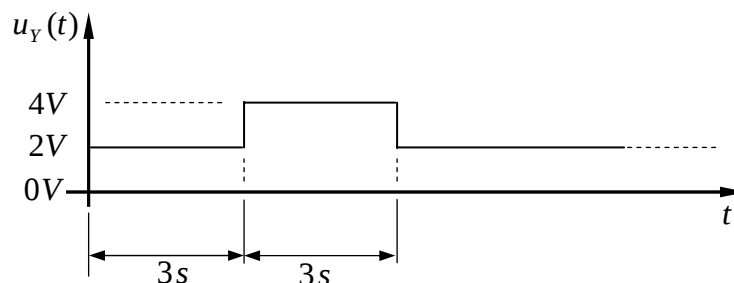


Aufgabe 5 (18P) Ergebnisdatei $\rightarrow$ *nnnvvv5.vi*

Mit dem USB6008 ist durch das Steckmodul eine externe PT_2 -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 while-Schleife soll 200 ms betragen. Die Ausgangsspannung soll folgenden Verlauf haben:

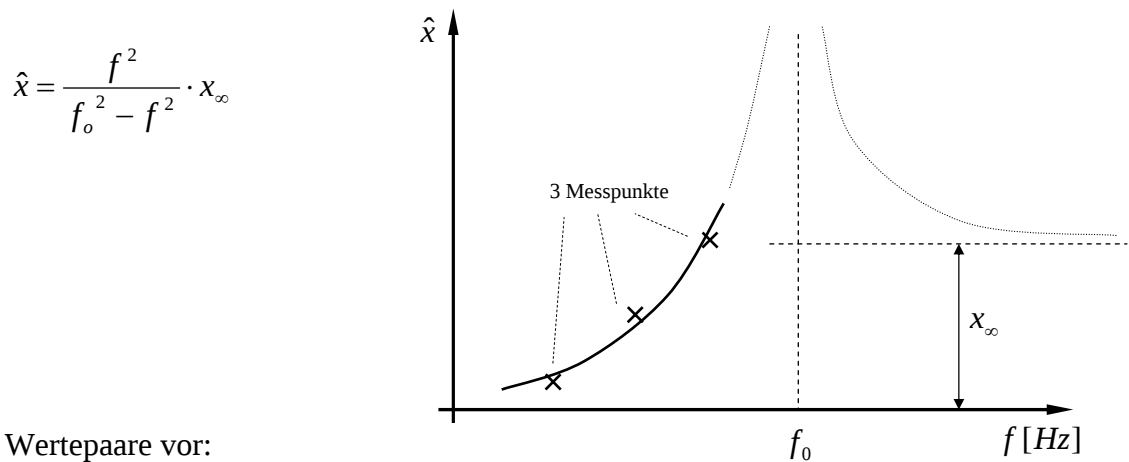


In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden. Der sich im Verlauf einstellende Maximalwert von u_X soll in einem numerischen Anzeigeelement angezeigt werden.

Das Programm kann zu einem Zeitpunkt $t \gg 6$ Sekunden z.B. durch Betätigen einer Stop-Schaltfläche beendet werden.

Aufgabe 6 (18P) Ergebnisdateien → *nnnvvv6_hp.m* und *nnnvvv6_up.mdl*

Bei einer Unwuchterregung ergibt sich für den Schwingweg in Abhängigkeit der Frequenz die angegebene Gleichung:

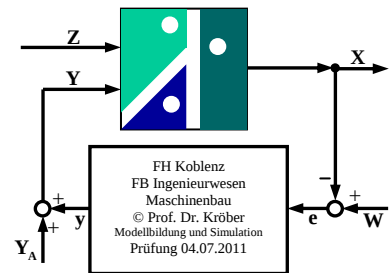


Es liegen 3 Wertepaare vor:

i	1	2	3
f [Hz]	5	10	15
$\hat{x}$ [mm]	0,25	1,0	3,5

Die zu minimierende Funktion Φ lautet:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\hat{x}_i - \underbrace{\frac{f_i^2}{f_o^2 - f_i^2} \cdot x_\infty}_{\text{Ansatzfunktion}} \right)^2$$



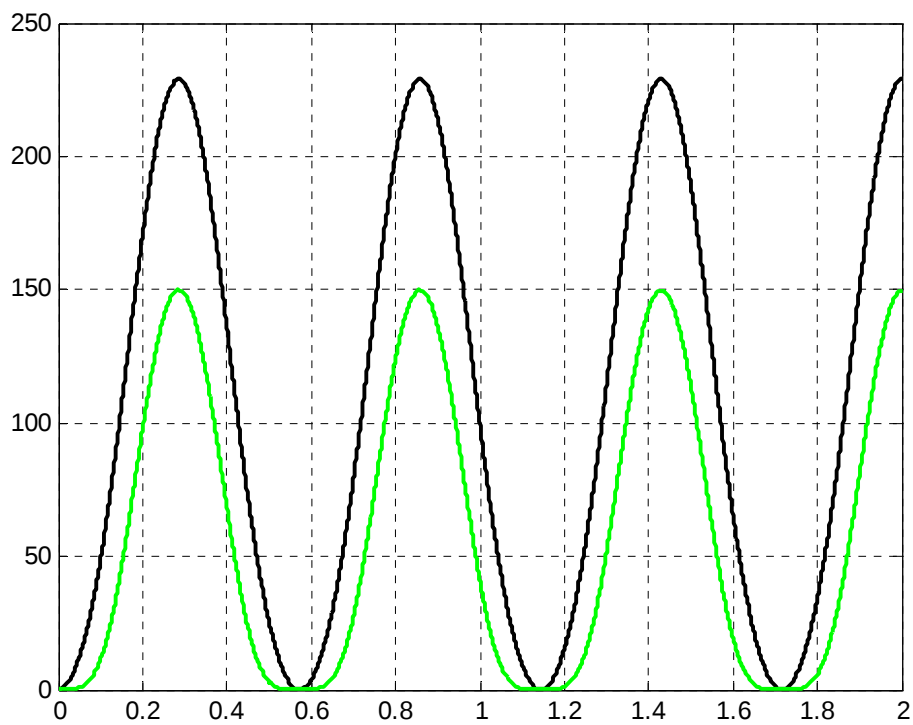
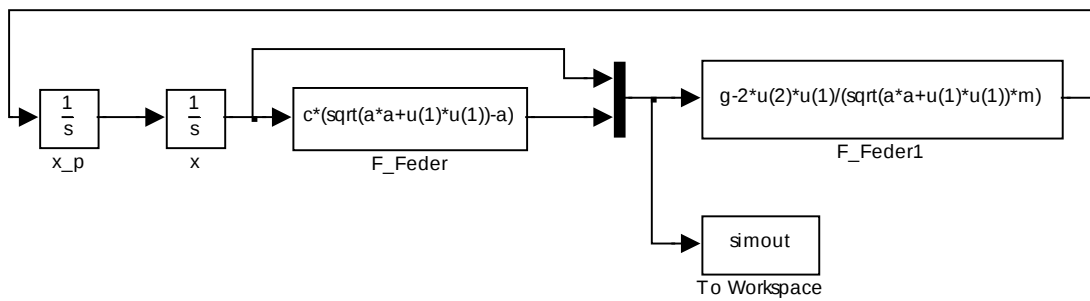
Alternativ kann als zu minimierende Funktion auch $\sqrt{\frac{\Phi}{n}}$ (Fehler im quadratischen Mittel) verwendet werden.

Verwenden Sie die "fminsearch"-Funktion, um die Parameter f_o und x_∞ zu bestimmen. Verwenden Sie als Startwerte $f_o = 20$ Hz sowie $x_\infty = 3$ mm. Eine graphische Darstellung wird nicht verlangt, ist jedoch zur Plausibilitätsüberprüfung nützlich.

Als Ergebnis sollen die Parameter f_o und x_∞ im Workspace ablesbar sein.

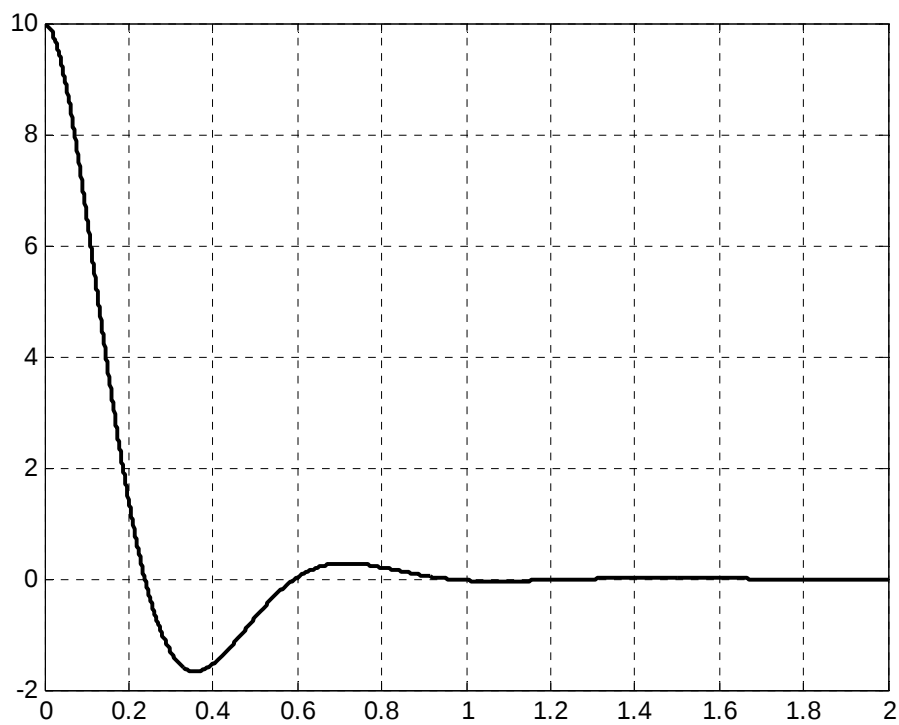
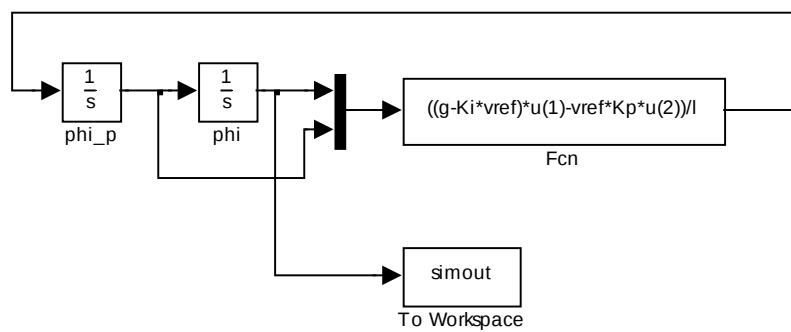
Prüfung 04.07.2011 / Lösung zur Aufgabe 1

```
clear;clc;
m=10;
c=1000;
a=0.1;
g=9.81;
sim('krowol1_sl');
plot(simout.time,simout.signals.values(:,1)*1000,'black','Linewidth',2);
hold on;
plot(simout.time,simout.signals.values(:,2),'green','Linewidth',2);
hold off;
grid;
```



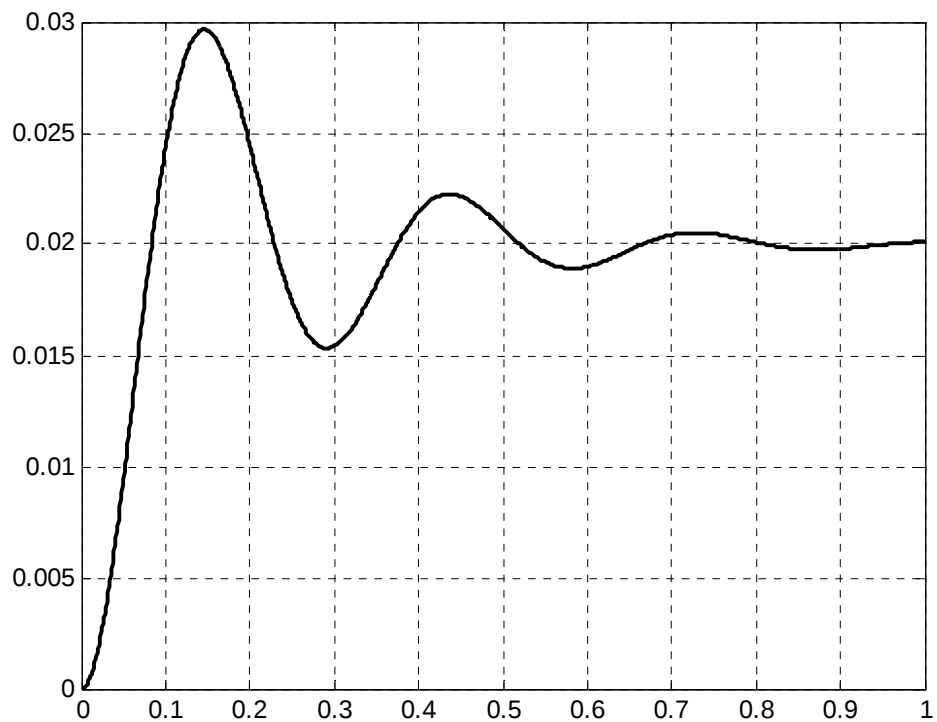
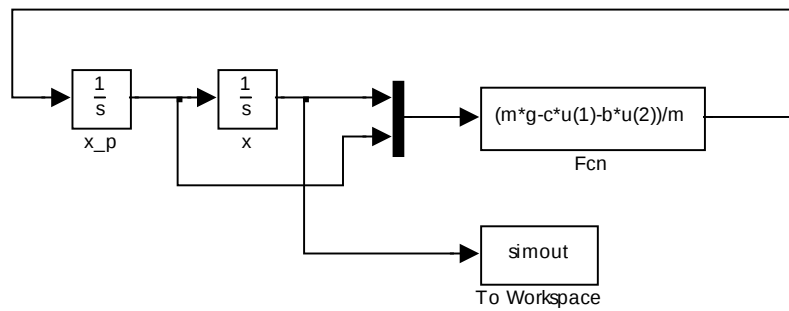
Prüfung 04.07.2011 / Lösung zur Aufgabe 2

```
clear;clc;
l=0.1;
vref=4;
Kp=0.25;
Ki=5;
g=9.81;
phi0=10*pi/180;
sim('krowol2_sl');
plot(simout.time,simout.signals.values(:,1)*180/pi,'black','Linewidth',2);
grid;
```



Prüfung 04.07.2011 / Lösung zur Aufgabe 3

```
clear;clc;
m=2;
c=981;
b=20;
g=9.81;
sim('krowol3_sl');
plot(simout.time,simout.signals.values(:,1),'black','Linewidth',2);
grid;
```



Prüfung 04.07.2011 / Lösung zur Aufgabe 4

```

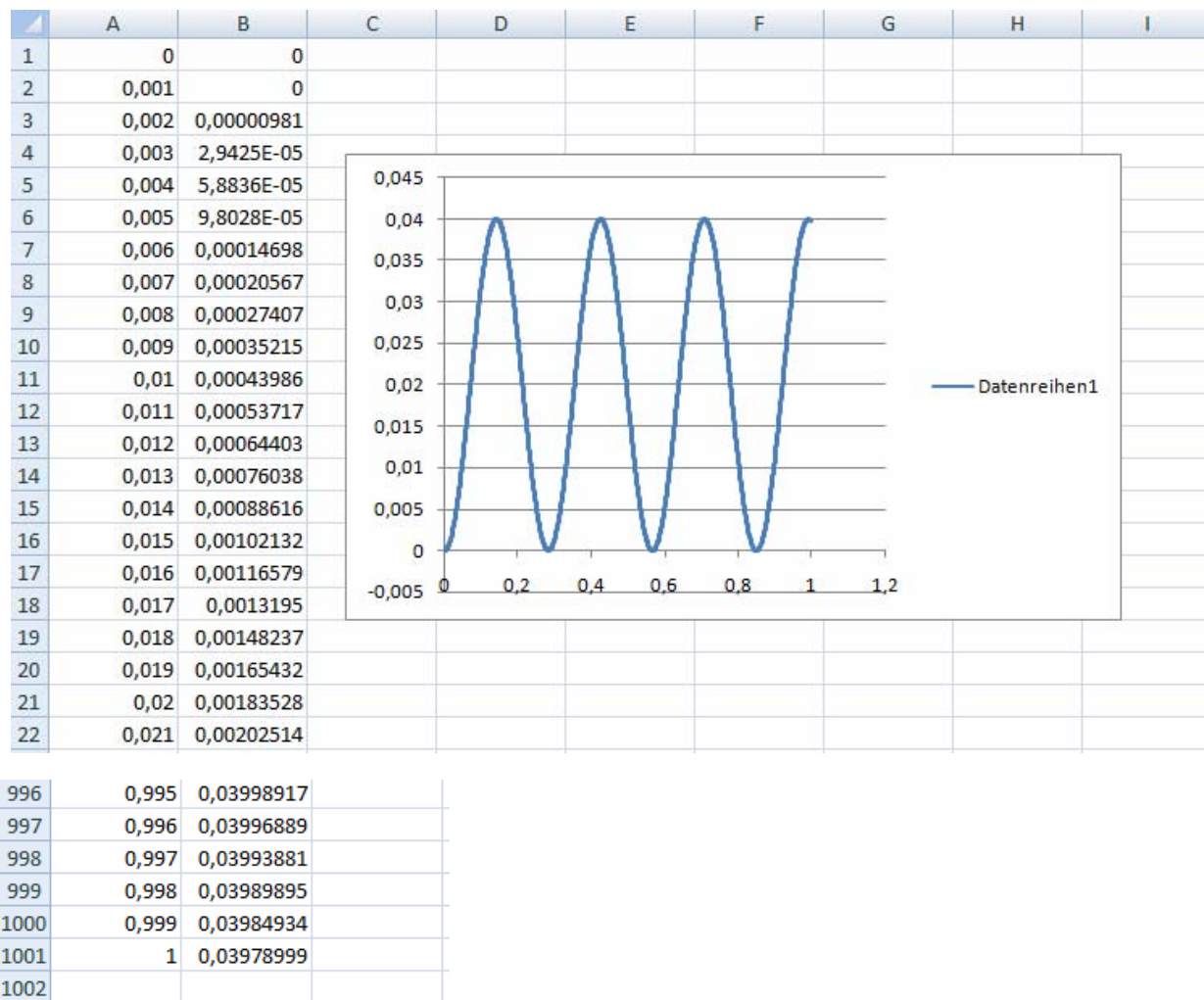
Sub Makro1()
'
' Makro1 Makro
'
' Tastenkombination: Strg+y
'

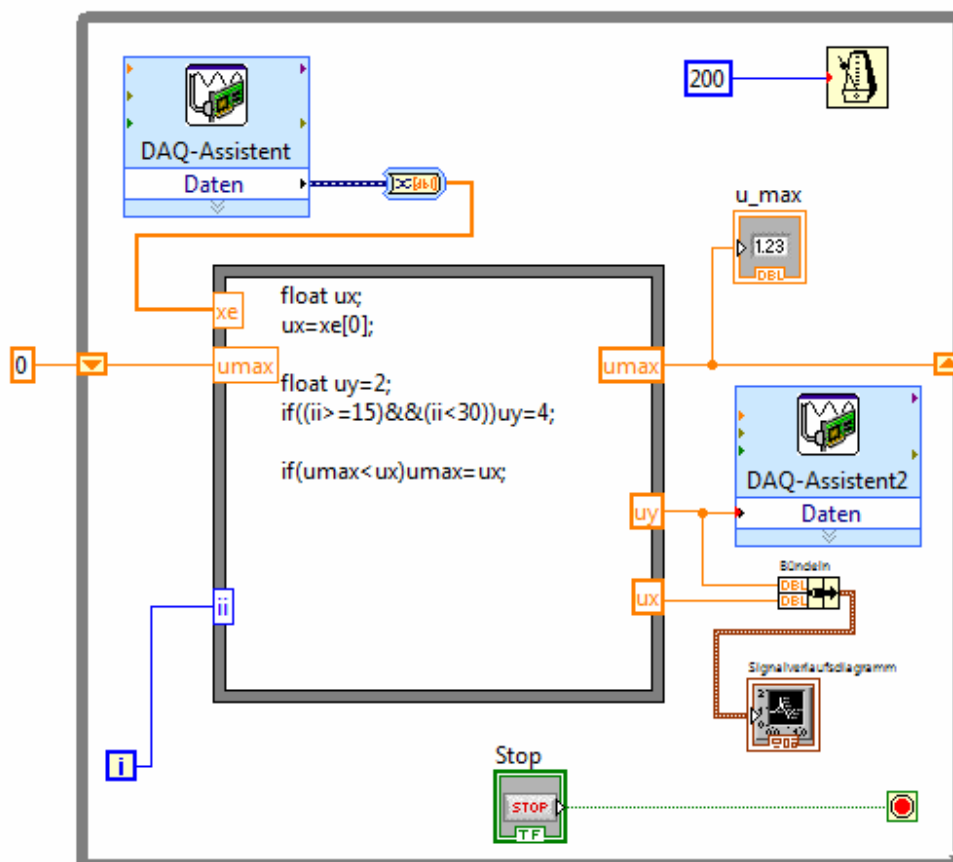
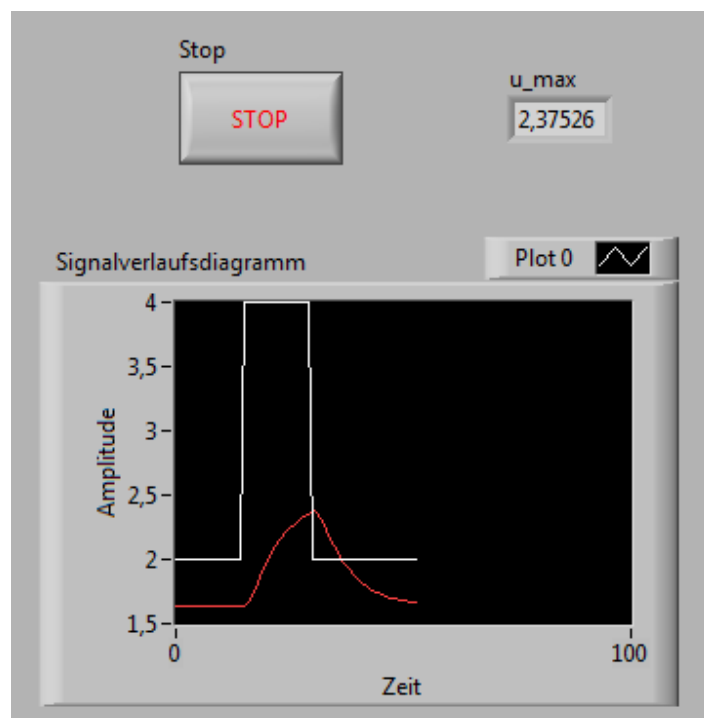
    Dim x(1000) As Double
    m = 2
    c = 981
    g = 9.81
    dt = 0.001
    x(0) = 0
    x(1) = 0
    For i = 1 To 999
        x(i + 1) = g * dt * dt + x(i) * (2 - c / m * dt * dt) - x(i - 1)
    Next i

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

End Sub

```

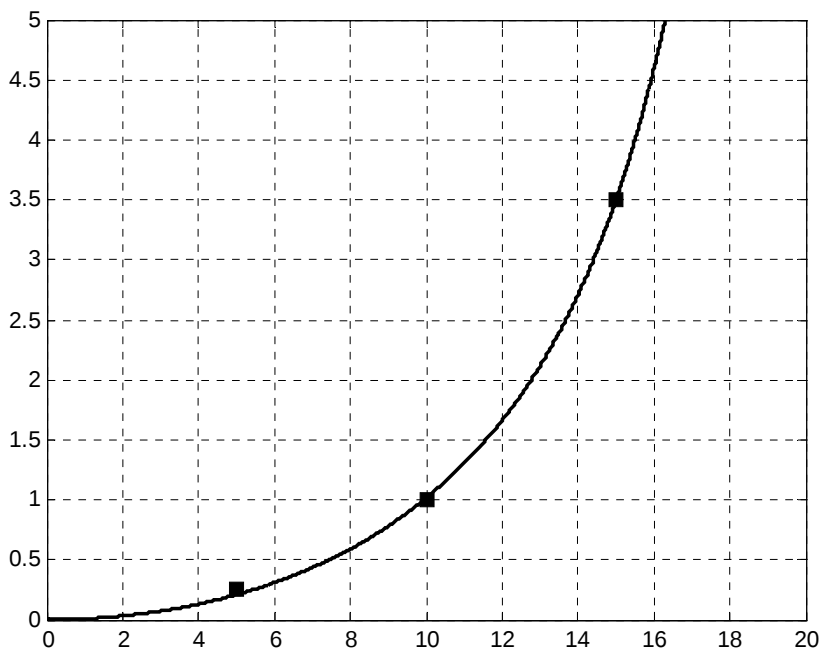




Prüfung 04.07.2011 / Lösung zur Aufgabe 6

```
clear;clc;
global fre x_dach
% Stützstellen vorgeben
fre(1)=5;x_dach(1)=0.25;
fre(2)=10;x_dach(2)=1.0;
fre(3)=15;x_dach(3)=3.5;
% Graphik optional
plot(fre,x_dach,'squarek','MarkerFaceColor','k');
xlim([0,20]);
ylim([0,5]);
hold on;
% Startwerte
f0=20;
x_un=3;
p=[f0 x_un];
[p,fval,exitflag,output]=fminsearch('krowol6_up',p);
nrun=output.iterations;
fqm=fval;
f0=p(1);
x_un=p(2);
% Fortsetzung optionale Graphik
ff=0:0.01:20;
xx=ff.^2*x_un./(f0^2-ff.^2);
plot(ff,xx,'black');grid;
hold off;
```

```
function fqm=krowol6_up(p)
global fre x_dach
f0=p(1); % Startwerte
x_un=p(2); % Startwerte
nw=length(fre);
summe=0; % Fehlerquadrat-Summe
for k=1:nw
    wert=fre(k)*fre(k)*x_un/(f0*f0-fre(k)*fre(k)); % Funktionswert
    summe=summe+(wert-x_dach(k))^2; % Aufsummierung
end
fqm=sqrt(summe)/nw; % Fehler im quadratischen Mittel
```



Workspace	
Name	Value
exitflag	1
f0	21.3860
ff	<1x2001 double>
fqm	0.0142
fre	[5,10,15]
fval	0.0142
nrun	44
output	<1x1 struct>
p	[21.3860,3.6137]
x_dach	[0.2500,1,3.5000]
x_un	3.6137
xx	<1x2001 double>