

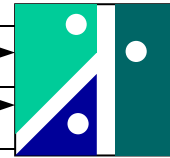
Modellbildung und Simulation WS 10/11
 Prof. Dr. W. Kröber

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	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



FH Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Modellbildung und Simulation
 Prüfung 03.02.2011

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.

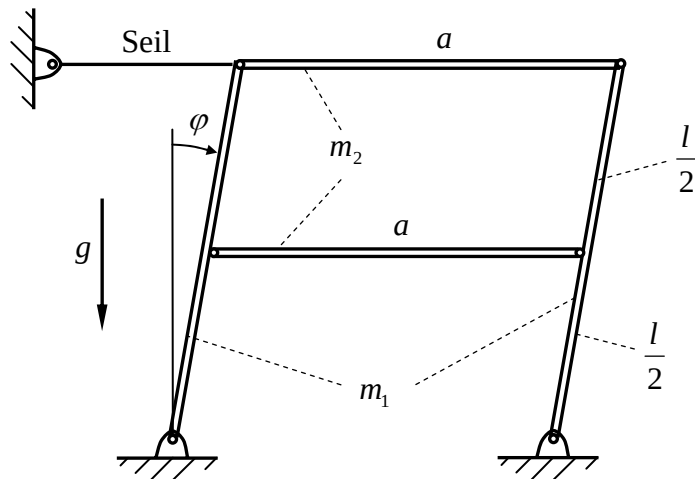
Aufgabe 1 (16P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.mdl*

Zwei gegenüber der Vertikalen nahezu senkrechte Stützen der Gesamtlänge l sind unten drehbar gelagert und durch zwei Querverbindungen der Länge a gekoppelt. Der Winkel φ beträgt bei vorhandenem Seil zunächst $\varphi = \varphi_0 = 10^\circ$. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird das Seil durchtrennt. Für das System lässt sich folgende Differentialgleichung herleiten:

$$\ddot{\varphi} - \frac{m_1 + \frac{3}{2} \cdot m_2}{\frac{1}{3} \cdot m_1 + \frac{5}{8} \cdot m_2} \cdot \frac{g}{l} \cdot \sin(\varphi) = 0$$

Zahlenwerte:

$m_1 = 20 \text{ kg}$
 $m_2 = 15 \text{ kg}$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
 $l = 4 \text{ m}$



Nach welcher Zeit erreicht der Winkel φ einen Wert von $\varphi = 45^\circ$? Lösen Sie die Aufgabe mit Matlab/Simulink und verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 0,1$ Millisekunden. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden. Die Simulation soll gestoppt werden, wenn der Winkel größer als 45 Grad ist. Die Ermittlung der bis dahin erforderlichen Zeit ist das Ziel der Aufgabe (ohne lineare Interpolation zwischen den letzten beiden Werten). Diese Zeit soll in der Variablen „zeit“ im Workspace ablesbar sein.

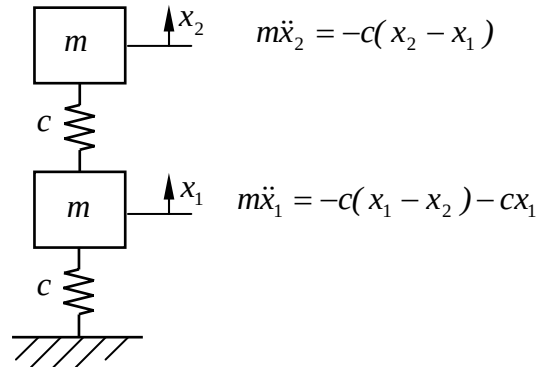
Aufgabe 2 (16P) Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.mdl*

Das Bewegungsverhalten des abgebildeten Zweimassenschwingers wird durch die nebenstehenden Differentialgleichungen beschrieben. Der Einfluss der Erdanziehung wird nicht berücksichtigt. Die Anfangsauslenkungen zum Zeitpunkt $t = 0$ seien Null. Die untere Masse ist zum Zeitpunkt $t = 0$ in Ruhe, die obere Masse hat eine Anfangsgeschwindigkeit von $v_0 = 0,2 \text{ m/s}$.

Weitere gegebene Zahlenwerte:

$$m = 400 \text{ kg}$$

$$c = 4000 \text{ N/m}$$

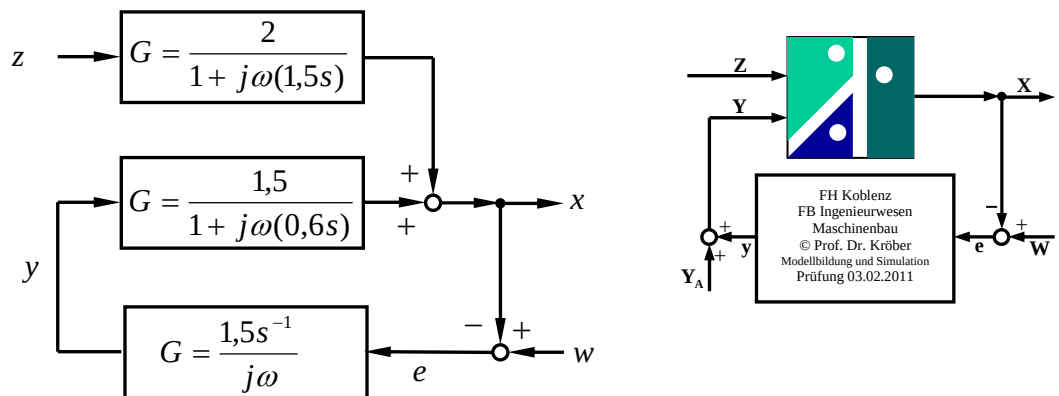


Geben Sie die Zahlenwerte in Matlab vor und verwenden Sie ein Simulink-Modell zur Lösung. Im Matlab-Programm sollen anschließend mit einem plot-Befehl beide Schwingverläufe in einem Bild dargestellt werden. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1$ Millisekunde. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden. Die Simulationzeit soll 10 Sekunden betragen.

Aufgabe 3 (14P) Ergebnisdatei → *nnnvvv3_sl.mdl*

Bei dem folgenden Regelkreis sind zunächst $w = x = y = z = 0$. Zum Zeitpunkt $t = 1 \text{ s}$ wird z sprungförmig auf den Wert $z = 2$ verändert.

Hinweis: Bei der Frequenzgangangabe im oberen Blockschaltbild bedeutet "(1,5s)", dass die Zeitkonstante 1,5 Sekunden beträgt. Das Zeichen "s" steht nicht für den Laplace-Operator "s".



Erstellen Sie ein Simulink-Modell und verwenden Sie den Scope-Block zur Darstellung des Verlaufes der Regelgröße x in Abhängigkeit der Zeit. Die Simulationszeit soll 10 Sekunden betragen. Alle Einstellungen unter "Simulation/Configuration Parameter" können so belassen werden. Die Lösung kann komplett in Simulink erfolgen.

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

Im Folgenden soll der Hochlauf einer Welle mit einem Makro in Excel berechnet werden. Das Makro soll durch die Tastenkombination „STRG y“ gestartet werden.

Aus dem Drallsatz ergibt sich zunächst der Zusammenhang zwischen der Winkelgeschwindigkeit und dem Antriebsmoment:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M \quad (\text{Zahlenwert hierzu: } J = 2 \text{ kgm}^2)$$

Für das Antriebsmoment soll folgender Zusammenhang angenommen werden:

$$M = a - b \cdot \omega \quad (\text{Zahlenwerte hierzu: } a = 20 \text{ Nm; } b = 1 \text{ Nm}\cdot\text{s})$$

Die Gleichungen lassen sich nach dem Einsetzen umformen zu:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{a - b \cdot \omega}{J}$$

Verwenden Sie für das Differenzenverfahren: $\frac{d\omega}{dt} \approx \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{\Delta t}$

Zum Zeitpunkt $t = 0$ steht die Welle still. Dann wirkt das angegebene Antriebsmoment. Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit ω für einen Zeitraum bis $t = 10$ s. Verwenden Sie als Zeitschritt $\Delta t = 0,01$ s. In dem Makro müssen keine Daten vom Excel-Sheet übernommen werden. Aus dem Makro sollen jedoch die beiden ersten Spalten im Excel-Sheet gefüllt werden und zwar: Spalte 1 = Zeitachse in Sekunden, Spalte 2 = Winkelgeschwindigkeit in [1/s]. Es muss keine Graphik erstellt werden.

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

Im Folgenden soll der Hochlauf einer Welle in einem Formel-Knoten in LabVIEW berechnet werden. Aus dem Drallsatz ergibt sich zunächst der Zusammenhang zwischen der Winkelgeschwindigkeit und dem Antriebsmoment:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M \quad (\text{Zahlenwert hierzu: } J = 2 \text{ kgm}^2)$$

Für das Antriebsmoment soll folgender Zusammenhang angenommen werden:

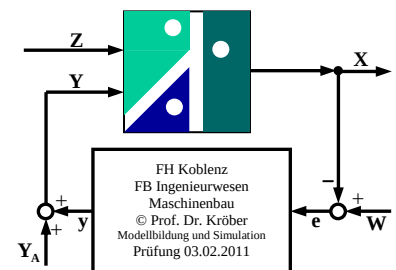
$$M = a - b \cdot \omega \quad (\text{Zahlenwerte hierzu: } a = 20 \text{ Nm; } b = 1 \text{ Nm}\cdot\text{s})$$

Die Gleichungen lassen sich nach dem Einsetzen umformen zu:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{a - b \cdot \omega}{J}$$

Verwenden Sie für das Differenzenverfahren: $\frac{d\omega}{dt} \approx \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{\Delta t}$

Zum Zeitpunkt $t = 0$ steht die Welle still. Dann wirkt das angegebene Antriebsmoment. Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit ω für einen Zeitraum bis $t = 10$ s. Verwenden Sie als Zeitschritt $\Delta t = 0,01$ s. Erstellen Sie einen XY-Graph. Dabei soll auf der x-Achse die Zeit und auf der y-Achse die Winkelgeschwindigkeit dargestellt werden.



Aufgabe 6 (20P) 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 Aufgabe kann als Ausgangspunkt ein geeignetes vorhandenes Programm verwendet werden. Es ist nur "entsprechend" abzuändern.

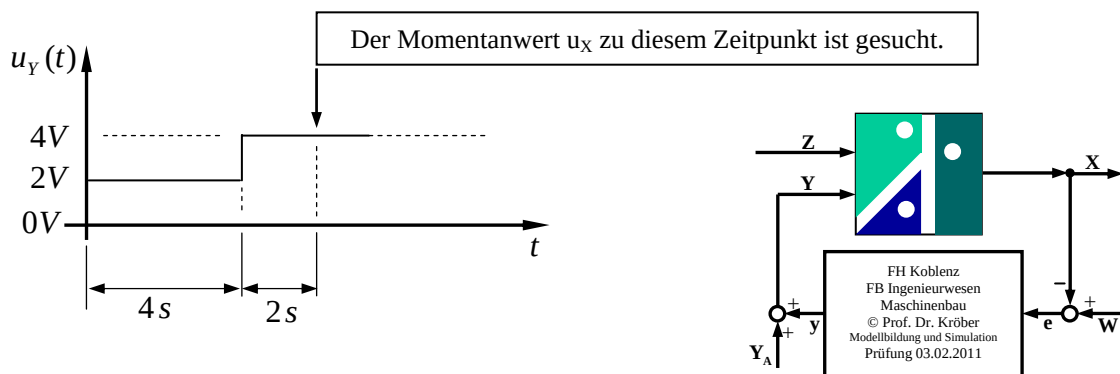
Aufgabenteil a:

Der Zeitschritt für die while-Schleife soll 200 ms betragen. Zunächst soll die Ausgangsspannung konstant $u_Y = 2$ Volt betragen. Ab dem Zeitschritt 20 (dies bedeutet: nach 4 Sekunden) soll die Ausgangsspannung auf $u_Y = 4$ Volt verändert werden (bleibt dann auch konstant bei $u_Y = 4$ Volt).

Aufgabenteil b:

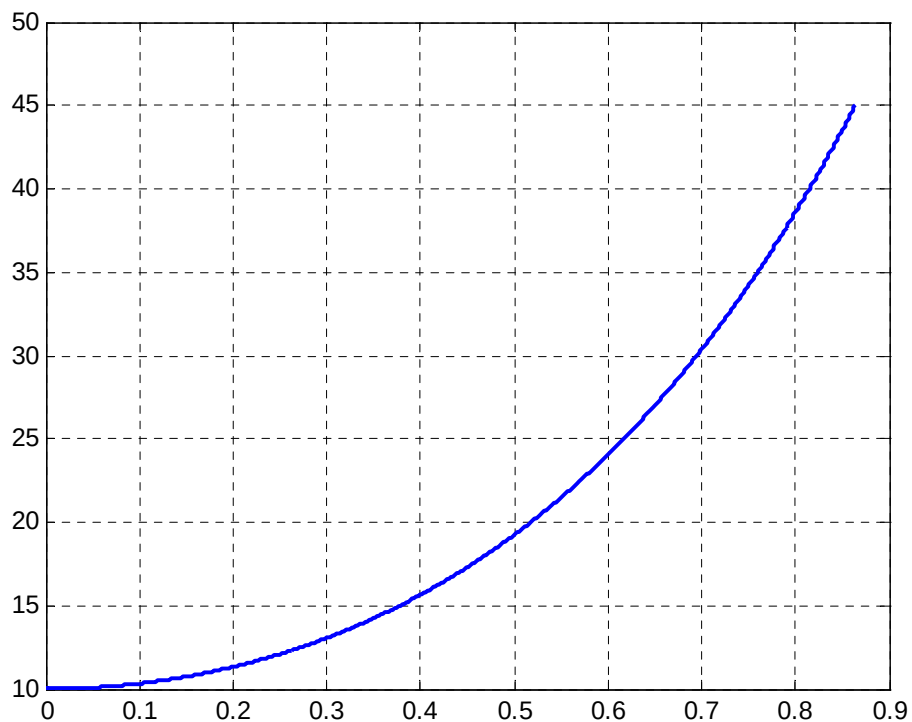
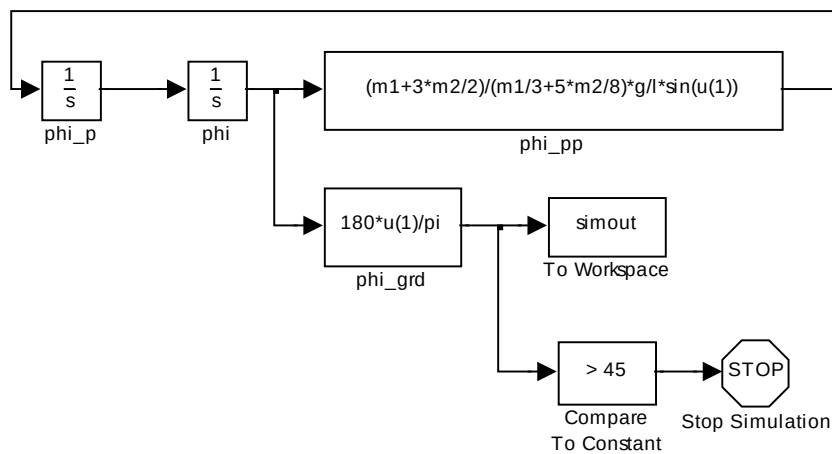
In einem numerischen Ausgabefenster soll der eingelesene Momentanwert u_X zum Zeitpunkt $t = 6$ s (bei Zeitschritt 30) ausgegeben/angezeigt werden. Es handelt sich um einen einzelnen, numerischen Wert, der zu diesem Zeitpunkt vorliegt. Der angezeigte Wert soll bei weiteren Programmdurchläufen stets erhalten bleiben. Im Zeitraum $t < 6$ s Sekunden soll der ausgegebene/angezeigte Zahlenwert gleich Null sein. Das Ausgabefenster soll in der while-Schleife platziert werden.

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



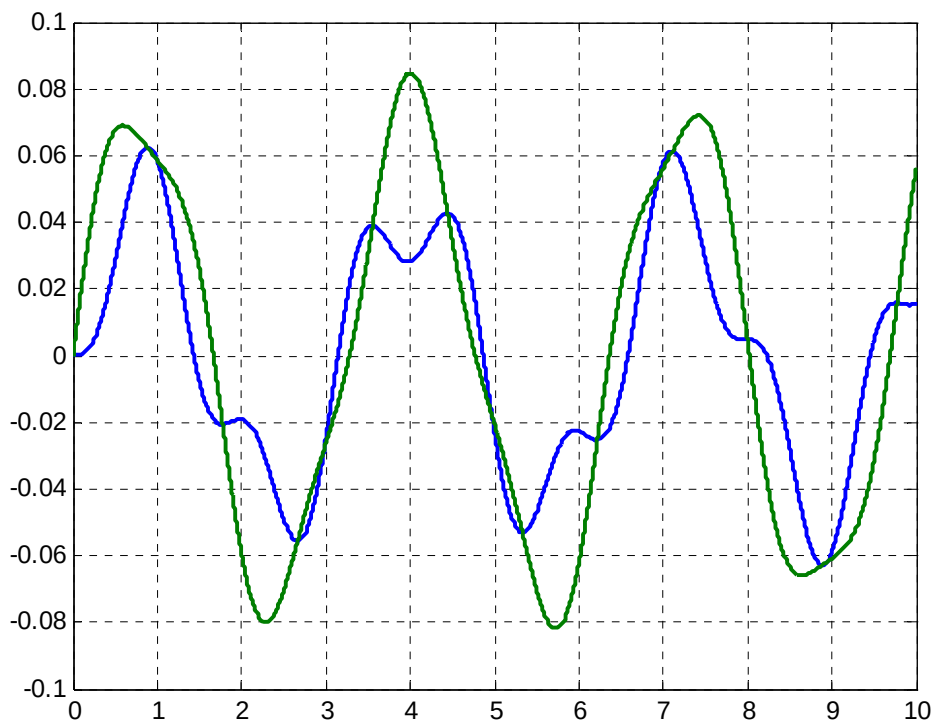
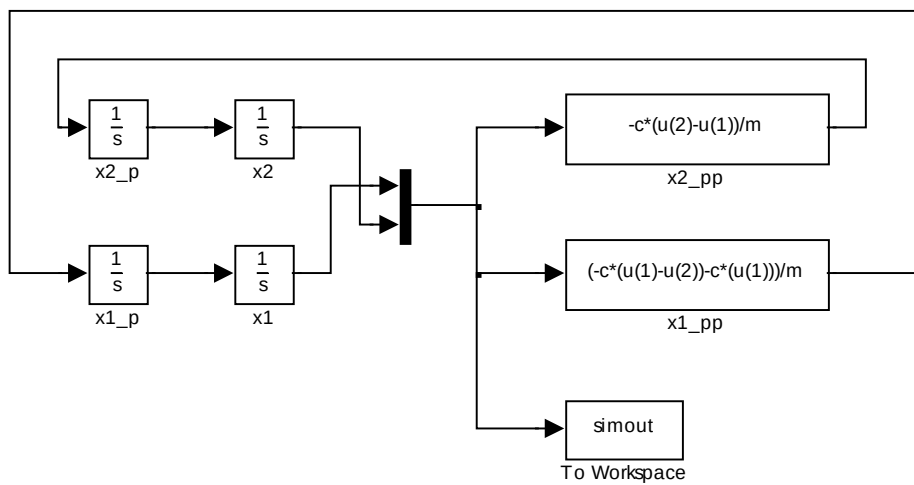
Prüfung 03.02.2011 / Lösung zur Aufgabe 1

```
clear;clc;
m1=20;
m2=15;
g=9.81;
l=4;
dt=0.0001;
phi0=10*pi/180;
sim('krowol1_sl');
plot(simout.time,simout.signals.values,'Linewidth',2);grid; %optional
zeit=max(simout.time);
%nw=length(simout.time);    %Alternative
%zeit=simout.time(nw);
```

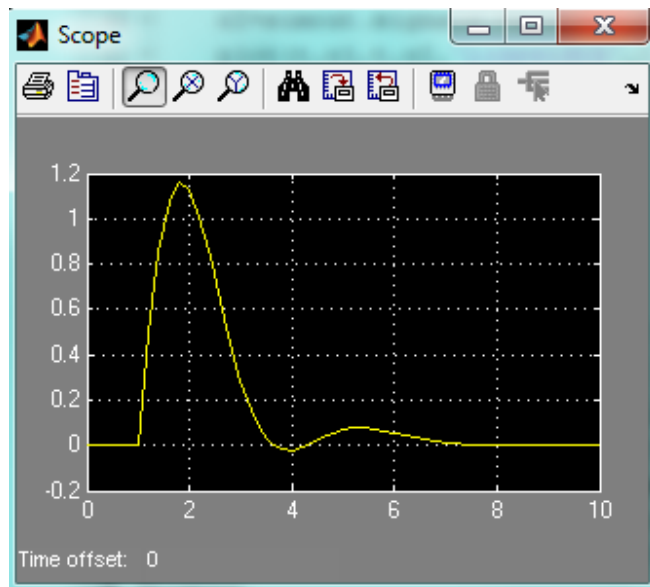
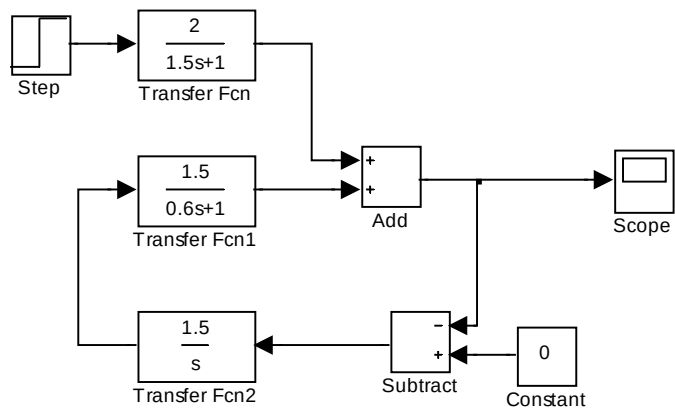


Prüfung 03.02.2011 / Lösung zur Aufgabe 2

```
clear;clc;
m=400;
c=4000;
dt=0.001;
v0=0.2;
sim('krowol2_sl');
% Umbenennung, damit Variablenbezeichnungen kürzer
t=simout.time;
x1=simout.signals.values(:,1);
x2=simout.signals.values(:,2);
plot(t,x1,t,x2,'Linewidth',2);grid;
```



Prüfung 03.02.2011 / Lösung zur Aufgabe 3



Prüfung 03.02.2011 / Lösung zur Aufgabe 4

```

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

    Dim t(1000), om(1000) As Double
    dt = 0.01

    For i = 0 To 1000
        t(i) = i * dt
    Next i

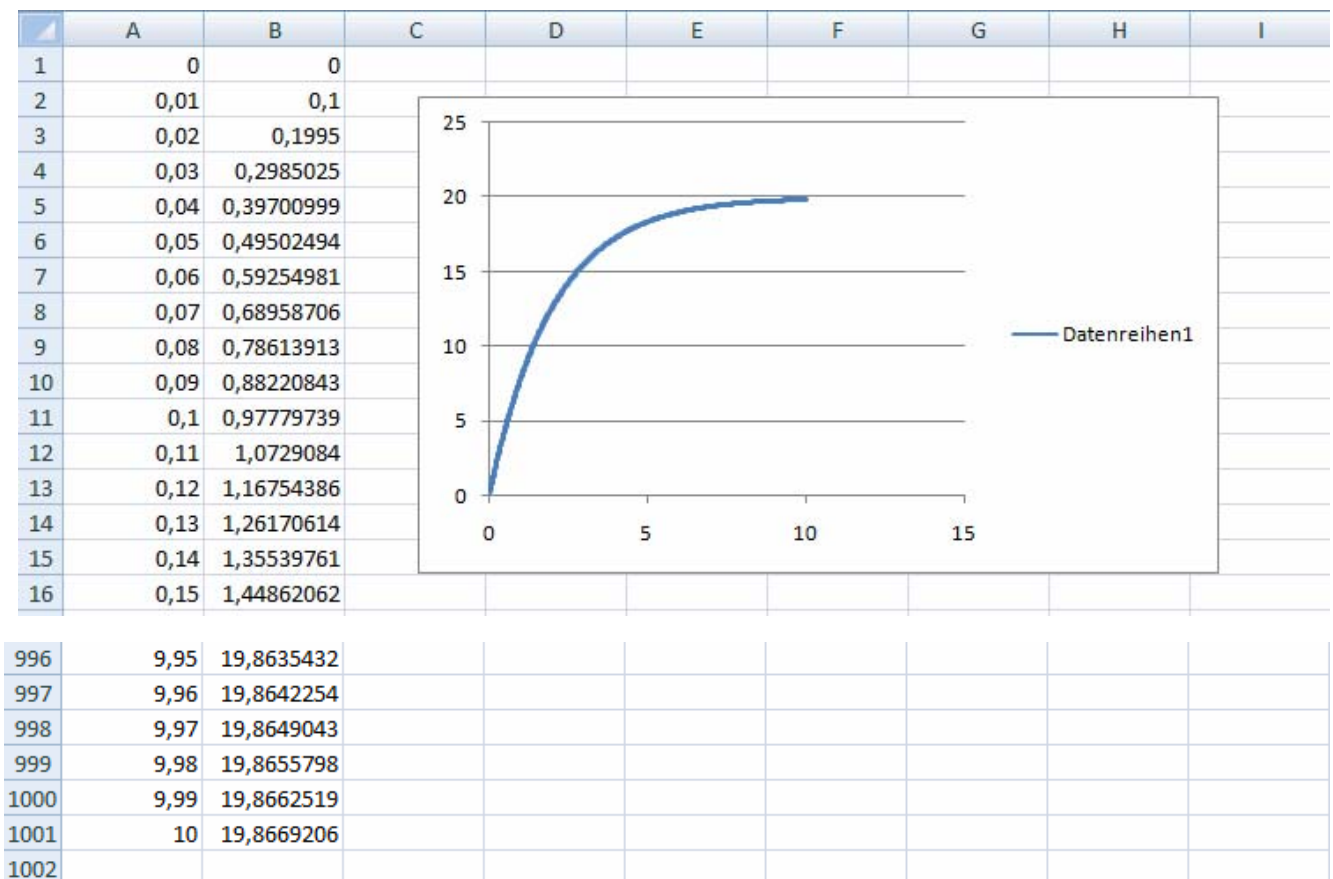
    a = 20
    b = 1
    J = 2

    om(0) = 0
    For i = 0 To 999
        om(i + 1) = om(i) + (a - b * om(i)) / J * dt
    Next i

    For i = 0 To 1000
        Cells(i + 1, 1) = t(i)
        Cells(i + 1, 2) = om(i)
    Next i

End Sub

```



Prüfung 03.02.2011 / Lösung zur Aufgabe 5

